

# automatica

de la **A** la **Z**

ALGORITMI  
DE  
CONDUCERE

TEORIA  
SISTEMELOR

REGULATOR  
TRADUCTOR  
ELEMENTE  
DE EXECUȚIE

ROBOTI

ACTIVITĂȚI  
INDUSTRIALE

Editura  
Științifică  
și Enciclopedică



17.166



**GABRIEL IONESCU    VLAD IONESCU**  
**(coordonatori)**

# **Automatica de la A la Z**



0 000009 09254

BCUIASI



**EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ**  
**București, 1987**



## PREFAȚĂ

„Automatica de la A la Z” a fost elaborată cu scopul de a pune la dispoziția unor variate categorii de cititori terminologia actuală, cu circulația cea mai largă, care încadrează atât bazele conceptual-teoretice, cât și cele metodologico-aplicative ale automaticii ca ramură a științelor tehnice.

Actualitatea automaticii ca știință este generată de faptul de necontestat că însăși revoluția tehnico-științifică contemporană este dominată de automatizarea, robotizarea și cibernetizarea producției, precum și a multor altor domenii ale activității umane. Explozia informațională în acest domeniu, mai evidentă și mai dinamică decât în oricare dintre celelalte științe tehnice, ilustrează la rândul său această actualitate.

Automatizarea, ca mijloc esențial de creștere a productivității muncii, de ridicare a nivelului tehnic și calitativ al producției, constituie una dintre orientările prioritare ale politicii de dezvoltare economico-socială a țării noastre, evidențiate în mod pregnant în Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R.

Penetrația accelerată a mijloacelor de automatizare și a tehnicilor moderne de conducere automată în toate sectoarele de activitate, și cu precădere în cele industriale, atrage în mod inerent vehicularea tot mai frecventă a unor termeni de specialitate. Pe de altă parte, publicațiile științifice și tehnice, indiferent de domeniul abordat și de nivelul de tratare, date fiind diversele forme de implicare a automatizării în domeniile respective, fac apel la noțiuni de automatică. Mai mult decât atât se poate aprecia că termenii care descriu asemenea noțiuni pot fi întâlniți adesea în publicistica cotidiană și chiar în literatura beletristică dedicată realităților din lumea de astăzi sau aceea care anticipează viitorul. În acest context, numărul celor interesați în cunoașterea și înțelegerea cât mai exactă a conținutului terminologiei proprii automaticii fiind într-o continuă creștere, oportunitatea editării lucrării de față este justificată.

Încercînd să răspundă cerințelor menționate, fără a emite pretenții de exhaustivitate, cei peste 800 de termeni cuprinși în lucrare acoperă în mod echilibrat aspectele definitorii ale științei automaticii emaneate din domenii teoretice foarte bogate, evidențiind în aceeași măsură permanenta lor conjuncție cu multiplele și variatele aplicații tehnice atât ca procedee, cât și ca mijloace de implementare a acestora.

Maniera de alcătuire a lucrării are la bază următoarele argumente : a) caracterul deosebit de dinamic și de extins al



arsenalului teoretic în acest domeniu; b) interdisciplinaritatea atât în plan teoretic, cât și aplicativ a noțiunilor pe care le integrează automatică; c) transferul rapid, facilitat de tehnologiile moderne, al rezultatelor teoretice către aplicațiile concrete, industriale; d) dezvoltările teoretice, ca un corolar al ideii precedente, au fost în mod expres considerate ca instrumente esențiale pentru creșterea eficienței aplicațiilor; e) sursele principale pentru termenii aplicativi au fost atent selectate din domeniile care le conferă semnificațiile cu accepțiunea cea mai largă.

Cititorul interesat găsește astfel, într-o formă concentrată, specifică unei asemenea lucrări, definirea riguroasă a noțiunilor cu care operează curent teoria sistemelor liniare, neliniare, optimale, adaptive, cu parametri distribuiți, modelarea, identificarea și simularea sistemelor automate, precum și termenii reprezentativi privind echipamentele de automatizare și implementarea acestora în conducerea diverselor procese din industria chimică, energetică, metalurgică, construcții de mașini, transporturi etc.

În scopul întregirii semnificației diversilor termeni din punctul de vedere cantitativ și operant s-a impus ca necesară utilizarea unui aparat matematic adecvat, căutându-se totodată a se asigura accesibilitatea deplină a informației. Facilități suplimentare lecturării sînt oferite cititorului de numeroasele figuri, diagrame, tabele, care însoțesc textul.

Colectivul de autori este alcătuit din cadre didactice din învățămîntul superior tehnic de specialitate care, în cadrul procesului de integrare a învățămîntului cu cercetarea și producția, sînt implicați în numeroase realizări de sisteme și echipamente de automatizare.

Autorii speră ca lucrarea să se dovedeas că utilă unor cercuri largi de cititori cu preocupări dintre cele mai variate, de la cei interesați în simpla înțelegere a anumitor termeni pînă la specialiști, care pot obține rapid o primă informație corectă asupra unor termeni ce nu sînt proprii activității lor curente sau care se referă la rezultate științifice și tehnice dintre cele mai recente. Conștienți de dificultatea pe care o prezintă redactarea unei asemenea lucrări ei vor fi bucuroși să primească din partea cititorilor observațiile și sugestiile lor.

În încheiere, autorii țin să mulțumească și pe această cale colectivului de redacție al Editurii Științifice și Enciclopedice pentru spiritul de colaborare manifestat pe parcursul elaborării lucrării.

AUTORII



# A

**abatere**, diferența între valoarea  $x$  a unei mărimi și o valoare de referință  $x_r$ ,  $\Delta x = x - x_r$ . Într-un sistem de reglare automată prin a. se înțelege diferența între mărimea de intrare și cea de reacție. Sin: *eroare a sistemului de reglare*.

**abatere medie pătratică**, media pătratelor abaterilor valorilor  $x_i$  rezultate din  $N$  experimente asupra unei mărimi  $x$ , în raport cu o valoare de referință  $x_r$

$$M[x - x_r]^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - x_r)^2.$$

Dacă mărimea considerată reprezintă un proces aleator  $x(t)$  și ca referință se alege valoarea medie, atunci a.m.p. reprezintă dispersia procesului aleator ( $\rightarrow$  **dispersie**). Sin: *eroare medie pătratică a sistemului*.

**acces direct la memorie** (uzual **DMA** de la engl. DIRECT MEMORY ACCESS), facilitate de transfer de date între memoria unui sistem și exteriorul acestuia, sau între două zone de memorie, fără intervenția unității centrale. Durata transferului unui număr de cuvinte prin DMA este mai mică decât în cazul efectuării acestuia prin program ca urmare a eliminării operațiilor de extragere și decodificare a instrucțiunilor. Datorită existenței unor magistrale unice de adrese și de comenzi transferul prin DMA de tip memorie-memorie consumă aproximativ de două ori mai mult timp decât cel memorie-memorie extern.

**accesibilitate**, proprietate cauzală a unui sistem dinamic  $(A, B, C)$  ce definește posibilitatea tranziției între două faze, sub acțiunea mărimii de comandă  $u(t)$ . O stare  $x$  se numește  $\tau$ -accesibilă dacă există  $s < \tau$  și funcția de comandă  $\omega: [s, \tau] \rightarrow u$  care să asigure tranziția.

$$(0, s) \rightarrow (x, \tau).$$

Dacă orice stare  $x$  este  $\tau$ -accesibilă (pentru orice  $\tau$ ) atunci se spune că sistemul este accesibil; condiția necesară și suficientă ca un sistem liniar variant să fie accesibil este ca matricea de accesibilitate

$$\mathcal{R}(s, \tau) = \int_s^\tau \Phi(\tau, \sigma) B(\sigma) B^T(\sigma) \Phi^T(\tau, \sigma) d\sigma$$

să fie pozitiv definită. La sistemele liniare și invariante condiția de a. se reformulează mult mai simplu: un sistem liniar și invariant este accesibil, dacă și numai dacă

$$\mathcal{R} = \text{Im} [B \ AB \ A^2 B \ \dots \ A^{n-1} B] = \mathbb{R}^n,$$

adică aceeași condiție cu aceea de controlabilitate.



accesibilitate în  $k$  pași, proprietate cauzală a sistemelor dinamice liniare discrete și invariante; o stare  $x$  este accesibilă în  $k$  pași dacă există secvența de intrare, de lungime  $k \leq n$ :

$$u(0), u(1), u(2), \dots, u(k-1)$$

ce asigură transferul de stare:  $0 \rightarrow x$ . Dacă oricare ar fi starea  $x \in X$ , există o secvență de intrare, de lungime  $k$ , ce realizează transferul:  $0 \rightarrow x$ , atunci sistemul se numește *sistem accesibil în  $k$  pași*. Condiția necesară și suficientă ca sistemul să fie sistem accesibil în  $k$  pași este:

$$\mathcal{R}_k = \text{Im}[B \ AB \ A^2B \ \dots \ A^{k-1}B] = \mathbb{R}^n$$

unde  $\mathcal{R}_k$  = subspațiu accesibil în  $k$ -pași. După cum se vede, dimensiunea subspațiului  $\mathcal{R}_k$  nu scade la creșterea lui  $k$ , și ca urmare, sistemul este accesibil dacă cel mai mare subspațiu accesibil este identic cu  $\mathbb{R}^n$ .

**achiziție de date**, proces sau metodă de obținere a informațiilor, într-o formă corespunzătoare modului de prelucrare ulterioară, despre procesul condus. ( $\rightarrow$  **colectare de date, algoritm de prelucrare primară a datelor**).

**acoperire a automatelor**, familie nevidă  $C$  de submulțimi ale stărilor  $X$  ale automatului  $A = (U, X, Y, \varphi, \eta)$ , astfel încît pentru fiecare aplicație de revenire  $\omega$ , cu proprietatea  $\omega_x(X) = \{x\}$  există o submulțime  $R \in C$ , astfel ca  $\omega(R) \subseteq R' \in C$ .

Un automat  $A_1 = (U_1, X_1, Y_1, \varphi_1, \eta_1)$  acoperă ( $n$ -acoperă) un automat  $A_2 = (U_2, X_2, Y_2, \varphi_2, \eta_2)$  dacă există o aplicație de acoperire  $h, h: X_1 \rightarrow X_2$  astfel încît stările  $s_2$  și  $h(s_2)$  să fie echivalente ( $n$ -echivalente)  $s_2 \mathcal{R}_n h(s_2)$ , respectiv  $s_2 \mathcal{R}_n h(s_2)$ ; a.a. se notează  $A_1 > A_2$  ( $A_1 \overset{n}{>} A_2$ ), relațiile  $>, \overset{n}{>}$  fiind relații de preordine (reflexive și tranzitive).

**acoperire dinamică**, subspațiul  $\mathcal{V}$  este o acoperire dinamică (de tip 1) a lui  $\text{Im } E$  în raport cu  $(A, B)$  dacă  $\mathcal{V}$  este  $(A, B)$  — invariant și conține pe  $\text{Im } E$ , deci:

$$A\mathcal{V} \subset \mathcal{V} + \text{Im } B$$

$$\text{Im } E \subset \mathcal{V}$$

Matricial, aceste relații se scriu astfel ( $\mathcal{V} = \text{Im } V$ ): există matricile  $J, H, K$  încît:

$$AV = VJ - BH$$

$$E = VK$$

Semnificația unei a.d. rezultă din următorul exemplu: pentru sistemul liniar

$$\dot{x} = Ax + Bu + Ev$$

în care  $x \in \mathbb{R}^n$  este starea,  $u \in \mathbb{R}^m$  este mărimea de comandă,  $v \in \mathbb{R}^l$  este perturbarea, fie  $\mathcal{V}$  o a.d. a lui  $\text{Im } E$  și reacția

$$u = Fx$$

cu  $F \in P(\mathcal{V})$ , rezultînd:

$$\dot{x} = (A + BF)x + Ev$$



deci

$$\langle A + BF \mid \text{Im} E \rangle \subset \mathcal{V}$$

adică reacția  $u = Fx$  localizează efectul perturbației  $v$  în subspațiul  $\mathcal{V}$ .

În mod similar se definește o a.d. de tip 2:  $\mathcal{V}$  este o a.d. de tip 2 a lui  $\text{Im} E$  în raport cu  $(A, B)$  dacă:

$$A\mathcal{V} \subset \mathcal{V} + \text{Im} B$$

$$\text{Im} E \subset \mathcal{V} + \text{Im} B$$

ceea ce matricial înseamnă că: există matricile  $J, H, G, K$  astfel încît

$$AV = VJ - BH$$

$$E = VK - BG$$

Se constată că pentru sistemul liniar anterior, dacă  $\mathcal{V}$  este o a.d. (de tip 2) a lui  $\text{Im} E$  în raport cu  $(A, B)$  și se consideră legea de comandă:

$$u = Fx + Gv$$

unde  $F \in F(\mathcal{V})$ , iar  $G$  satisface relațiile anterioare, se va obține:

$$\dot{x} = (A + BF)x + (E + BG)v = (A + BF)x + Vkv$$

deci rezultă că

$$\langle A + BF \mid \text{Im}(E + BG) \rangle = \langle A + BF \mid \text{Im}(VK) \rangle \subset \mathcal{V}$$

Această relație dă semnificația unei a.d. de tip 2: în condițiile enunțate anterior efectul perturbației  $v$  este localizat în subspațiul  $\mathcal{V}$ . Conceptul de a.d., element de bază în cadrul teoriei geometrice a sistemelor liniare, este esențial în rezolvarea unor probleme tipice ale sintezei sistemelor: rejectia exactă a perturbațiilor, construcția estimatorilor minimali etc.

**acordare**, operație de alegere a valorilor optime ale parametrilor care intervin într-o lege de reglare în vederea obținerii unor performanțe ale sistemului de reglare în conformitate cu un criteriu de performanță ales. În cazul legii de reglare tipizate PID, a. regulatorului constă în alegerea valorilor optime pentru cei trei parametri  $K_R, T_i, T_d$ . A. optimă a reguletoarelor se face pe baza caracteristicilor instalației tehnologice, respectiv pe baza informațiilor obținute prin intermediul răspunsului acesteia la un semnal treaptă.

A. reguletoarelor, în cazul proceselor fără timp mort, se face prin metodele cunoscute sub denumirea de criteriu modulului și criteriu simetriei. Pentru procese cu timp mort a. se face prin metoda limitării valorii de vîrf sau prin metode experimentale.

**acordarea reguletoarelor pentru procese fără timp mort**, procedură de acordare a reguletoarelor folosind următoarele criterii:

*Criteriul modulului* care permite realizarea unui regim optim din punctul de vedere al perturbațiilor și se bazează pe compararea regimului realizat în condiții ideale cu un regim care are loc în condiții de funcționare reale. Comportarea ideală a unui sistem de reglare automată este exprimată prin condițiile



# ACORDAREA REGULATOARELOR PENTRU PROCESE FĂRĂ TIMP MORT 10

impuse funcțiilor de transfer ale sistemului în circuit închis  $H_0(j\omega)$  în raport cu intrarea și  $H_{op}(j\omega)$  în raport cu perturbația

$$H_0(j\omega) = 1 \quad |H_0(j\omega)| = M(\omega) = 1$$

sau

$$H_{op}(j\omega) = 0 \quad |H_{op}(j\omega)| = M_p(\omega) = 0$$

în toată gama pulsațiilor  $\omega$ , sau: „mărimea de ieșire în permanență egală cu mărimea de intrare și perturbațiile sînt complet rejectate”. Criteriul modulului poate fi aplicat în două variante: a) *determinarea domeniilor de variație ale parametrilor regulatorului* pentru care performanțele impuse sînt satisfăcute, fiind apoi aleși — din cadrul domeniilor stabilite — acei parametri care satisfac în cea mai bună măsură condițiile reale de funcționare; b) *varianta Kessler*, conform căreia proiectarea pornește direct de la relații care asigură simultan atât satisfacerea unor performanțe impuse, referitoare de regulă la răspunsul la anumite semnale de intrare, cît și o bună comportare în raport cu perturbațiile. Varianta Kessler este folosită în cadrul proceselor rapide, de tipul acționărilor electrice, întrucît presupune că identificarea se efectuează cu un grad înalt de precizie și sînt determinate și valorile constantelor de timp parazite. Pentru cazul cînd funcția de transfer a părții fixate,  $H_f(s)$  nu conține poli în origine:

$$H_f(s) = \frac{K_f}{(1 + sT_\Sigma) \prod_{k=1}^n (1 + sT_k)}$$

unde  $T_k$  sînt constante de timp principale, iar  $T_\Sigma = \sum_{i=1}^l T_{\gamma i}$ , cu  $T_{\gamma i}$  con-

stante de timp parazite, este necesar ca pentru regulatorul automat să se adopte o funcție de transfer de forma:

$$H_R(s) = \frac{\prod_{k=1}^m (1 + sC_k)}{As}$$

cu următoarele relații de acordare optimă:

$$C_k = T_k$$

$$A = 2K_f T_\Sigma$$

$$m = n$$

Dacă funcția de transfer a părții fixate conține un pol în origine:

$$H_f(s) = \frac{K_f}{s(1 + sT_\Sigma) \prod_{k=1}^n (1 + sT_k)}$$



## 11 ACORDAREA REGULATOARELOR PENTRU PROCESE CU TIMP MORT

pentru funcția de transfer a regulatorului se alege

$$H_R(s) = \frac{\prod_{k=1}^m (1 + C_k s)}{A}$$

cu  $m = n$ ;  $C_k = T_k$ ;  $A = 2 K_f \cdot T_\Sigma$

*Criteriul simetriei* urmărește obținerea unui pol de ordinul doi în origine în funcția de transfer a sistemului deschis, cu scopul asigurării unei erori staționare nule pentru variații în rampă ale mărimii de intrare a sistemului.

acordarea reguletoarelor pentru procese cu timp mort, procedură de alegere a valorilor optime a parametrilor  $K_R$ ,  $T_i$ ,  $T_d$ , atunci cînd funcția de transfer a părții fixate este

$$H_f(s) = \frac{K_f e^{-\tau s}}{1 + T_f s}$$

cu constanta de timp  $T_f$ , timpul mort  $\tau$  și factorul de amplificare  $K_f$ . Principalele metode de acordare optimă sînt:

*acordarea optimă prin limitarea valorii de vîrf  $M_v$* , ce constă în extinderea la sisteme cu timp mort a concluziilor criteriului modulului;

*acordarea optimă prin metode experimentale*, cuprinzînd două mari clase: metode bazate pe atingerea limitei de stabilitate și metode bazate pe folosirea rezultatelor identificării;

*acordarea optimă prin metoda bazată pe atingerea limitei de stabilitate*, care nu necesită operații prealabile de identificare a parametrilor părții fixate, experimentarea efectuîndu-se cu bucla de reglare în funcțiune, cu mărirea de referință și cu mărimile perturbatoare menținute constante și cu modificarea anumitor parametri ai regulatorului pînă cînd sistemul ajunge la limita de stabilitate. Din această categorie fac parte metodele Ziegler-Nichols și Offereins;

*acordarea optimă prin metoda bazată pe folosirea rezultatelor identificării* se reduce la recomandări verificate printr-un număr mare de încercări, efectuate fie în condiții de funcționare normală a buclei de reglare, fie prin modelarea pe calculator. De ex. relațiile Ziegler-Nichols introduc următoarele dependențe:

— pentru reguletoare *P*:

$$K_{ROPT} = \frac{1}{K_f} \cdot \frac{T_f}{\tau}$$

— pentru reguletoare *PI*:

$$K_{ROPT} = 0,9 \frac{1}{K_f} \cdot \frac{T_f}{\tau}$$

$$T_{iOPT} = 3,3 \tau$$



— pentru regatoare *PID* (factor de interinfluență  $q$ ):

$q = 0$	$q = 1$	$q = 2$
$K_{ROPT} = 1,5 \frac{1}{K_f} \cdot \frac{T_f}{\tau}$	$K_{ROPT} = 1,2 \frac{1}{K_f} \cdot \frac{T_f}{\tau}$	$K_{ROPT} = \frac{1}{K_f} \cdot \frac{T_f}{\tau}$
$T_{iOPT} = 2,5 \tau$	$T_{iOPT} = 2\tau$	$T_{iOPT} = 2\tau$
$T_{dOPT} = 0,5 \tau$	$T_{dOPT} = 0,5 \tau$	$T_{dOPT} = 0,25 \tau$

Alte recomandări de acordare optimă sînt date de: Oppelt, Cohen—Coon, Chien—Hrones—Reswick, Kopelovici, Smith—Murrill.

acordarea regatoarelor prin criterii integrale, metodă de determinare a valorilor optime ale parametrilor regulatorului pentru procese cu sau fără timp mort la care se presupune cunoscută structura regulatorului și, printr-un indice sintetic, se caracterizează calitatea procesului tranzitoriu al sistemului. Principalele criterii integrale utilizate în acordarea optimă a regatoarelor sînt:

- criteriul suprafeței minime a erorii (denumit și criteriul Ziegler—Nichols), care constă în minimizarea erorii dintre răspunsul ideal și cel real:

$$I_1 = \int_0^{\infty} \epsilon dt$$

— criteriul valorii absolute a erorii, utilizat la regimurile tranzitorii oscilante:

$$I_2 = \int_0^{\infty} |\epsilon| dt$$

— criteriul suprafeței pătratice a erorii:

$$I_3 = \int_0^{\infty} \epsilon^2 dt, \text{ sau}$$

$$I_4 = \int_0^{\infty} (\epsilon^2 + T^2 \dot{\epsilon}^2) dt$$

unde  $\dot{\epsilon}$  este derivata erorii, iar  $T$  este o constantă de timp.

acționare, funcție a elementului de execuție exercitată asupra instalației tehnologice în scopul modificării cantității de material sau energie care intervine în procesul respectiv în vederea realizării valorii prescrise pentru mărimea reglată ( $\rightarrow$  element de execuție). După natura energiei utilizate, a. sînt pneumatice, hidraulice, electrice. După tipul modificării parametrilor elementelor de execuție, a. sînt continue sau discrete. Sistemele de a. realizează o conversie a unei energii (electrice, hidraulice, pneumatice) în energie mecanică. În raport de



modul în care se controlează unul sau mai mulți parametri asociați elementului de execuție, a. pot fi: de poziție, unghi, turație. A. *electrice automatizate* realizează pornirea, frinarea și reglarea turației motoarelor electrice după anumite legi (de ex., *PI*, *PID*), putând menține în anumite limite și toleranțe diferite mărimi electrice și mecanice (limitări de curent, de cuplu etc.) (fig. A.1).

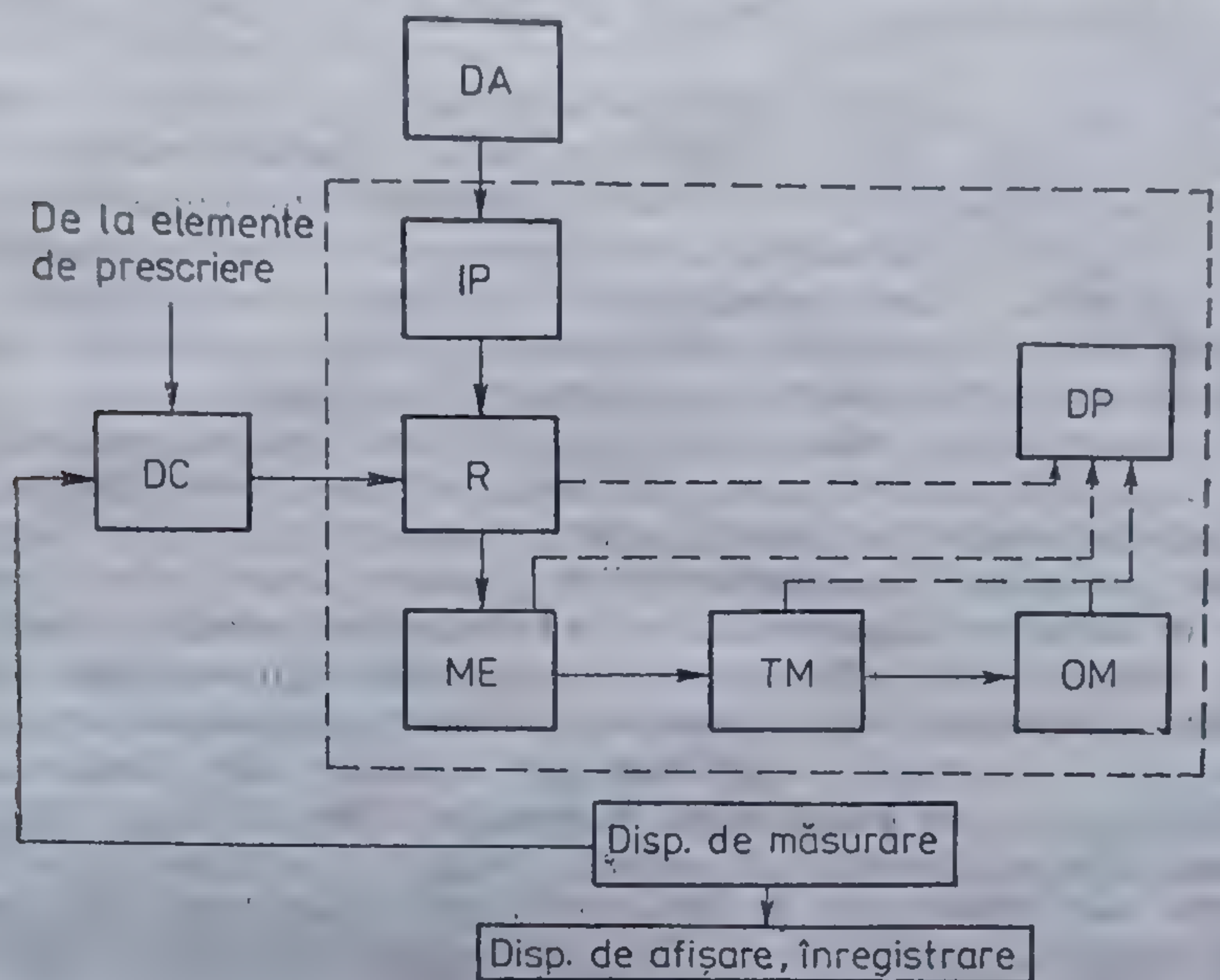


Fig. A.1. Schema funcțională a unei acționări electrice reglabile :

DA — dispozitiv de alimentare cu energie electrică; IP — întreruptor de putere; R — regulator; ME — motor electric; TM — transmisie mecanică; OM — orgă mobilă; DP — dispozitiv de protecție; DC — dispozitiv de comandă.

Prin aceste limitări se asigură protejarea instalației (de ex., a motorului și a transmisiei mecanice) împotriva unor solicitări de natură mecanică (cuplu, accelerație), termică (încălzire motor), electrică ( $i$  și  $di/dt$  pentru comutația motorului).

**acționare continuă**, acționare ce conduce la modificări continue ale parametrilor elementului de execuție (variația poziției vanelor, variația vitezei motoarelor, ș.a). în scopul modificării continue a parametrilor din instalația tehnologică.

**acționare discontinuă**, acționare care determină modificări discrete ale stării elementului de execuție (deschiderea — închiderea vanelor, pornirea — oprirea motoarelor) în scopul modificării de tip totul sau nimic a parametrilor din instalația tehnologică.

**adaptor**, element component al aparatelor de măsurat și traductoarelor, care generează semnalul de ieșire astfel încât să poată fi recepționat și interpretat de utilizator. De ex., deplasarea unui ac indicator în fața unei scări gradate în cazul aparatelor de măsurat, semnale electrice sau pneumatice cu domeniu de variație prestabilit în cazul traductoarelor. Într-un sens mai larg, noțiunea de a. se referă la dispozitivele destinate să asigure compatibilitatea între elementele care se interconectează în cadrul unui sistem, de ex. transformator de adaptare de nivel și de impedanță. Astfel, în cazul traductoarelor industriale cu semnal de ieșire unificat, a. reprezintă etajul final care asigură



furnizarea semnalului standardizat atît ca domeniu de variație, cit și ca putere asociată, compatibil cu celelalte componente ale sistemului unificat de echipamente de automatizare: reglatoare, dispozitive de interfață pentru calculatoare de proces, aparate de indicare și înregistrare. În sistemele de reglare unificate electronice, a. furnizează la ieșire semnale de curent continuu 2 — 10 mA, 4 — 20 mA, sau de tensiune continuă 0 —  $\pm 10$  V, iar în cele pneumatice aer cu presiunea 0,2—1 bar.

**adresă**, nume simbolic asociat unei surse sau unui acceptor de informație. În cadrul procesului condus, numele dat, de ex., traductoarelor, constituie a. acestora. În cadrul sistemului de conducere, locațiile de memorie sînt identificate prin a. Acestea pot fi exprimate fie în formă simbolică (numai în programul sursă, de ex., *ADRMUX*), fie în formă absolută. Forma absolută rezultă din cea simbolică în urma asamblării programului sursă ( $\rightarrow$ magistrală de adrese).

**aer preparat (instrumental)**, aer atmosferic care este supus unui proces de preparare constînd din eliminarea impurităților, apei, vaporilor de apă și uleiului. A. p. pentru traductoare, reglatoare și blocuri de calcul pneumatice trebuie să aibă o umiditate mai mică de 10 % și impurități mai mici de 10—15  $\mu$ m.

**afișare**, prezentarea unei informații rezultată ca urmare a unei operații de măsurare, de calcul sau de comandă sub o formă direct accesibilă unui operator uman. A. *analogică* este utilizată în general pentru prezentarea informației de măsurare și constă în deviația unui ac indicator în fața unei scări gradate. A. *alfanumerică* este de regulă constituită din caractere alfanumerice, operatori matematici și semne de punctuație; se reprezintă fie sub formă de simboluri luminoase, alcătuiind tablouri de afișare, fie prin înscriserea caracterelor pe ecranul unui tub catodic sau pe hirtie prin intermediul unei imprimante sau mașini de scris. A. *grafică* constă din reprezentarea informației din elemente de grafică — curbe, diagrame, schițe ce pot fi însoțite și de caractere alfanumerice, trasate fie pe hirtie obișnuită sau specială (fotosensibilă, metalizată, termosensibilă), fie pe ecranul unui tub catodic.

**agregat**, instalație industrială complexă, la care de regulă operațiile de bază se automatizează. În industria constructoare de mașini se întîlnesc mașini a. (sau centre de prelucrare) la care se comandă, prin program, deplasarea pe diferite axe, pentru asigurarea unor traiectorii complexe sau de cicluri fixe.

**ajutaj**, tub cu secțiune variabilă intercalat într-o conductă de scurgere a unui fluid în scopul obținerii unui anumit regim de curgere a acestuia, caracterizat prin viteze și presiuni dorite. A. pot fi convergente, divergente sau convergent — divergente. În echipamentele de automatizare pneumatice a. constituie rezistențe pneumatice.

**ajutaj — paletă**, element de comandă fluidic ce constă din două rezistențe, dintre care una avînd secțiunea constantă (ajutajul A) și alta cu secțiune variabilă (ansamblul duză D — paleta obturatoare P) și o cameră interioară C (fig. A.2). Deplasarea paletei, determinată de mărimea  $\delta$ , modifică rezistența

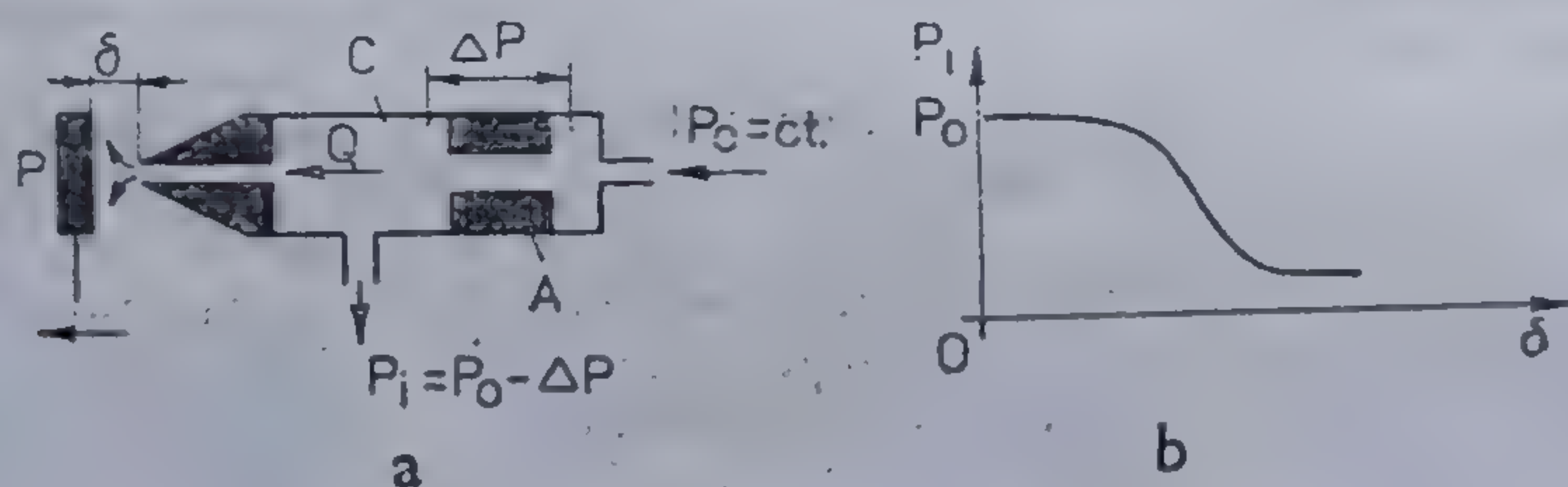


Fig. A.2. Ansamblul ajutoraj-paletă:

a — construcția ajutorajului-paletă; b — caracteristica  $P_i = f(\delta)$ .



pneumatică și ca urmare presiunea fluidului în camera interioară este funcție de poziția paletelor față de ajutaj (duză). Când  $\delta = 0$ , paleta obturează complet duza și rezistența de eșapare este infinită. Ca urmare, debitul de aer  $Q$  este nul, căderea de presiune  $\Delta P$  este nulă și deci presiunea  $P_i = P_0$ . Când  $\delta$  crește, rezistența duzei scade, debitul de fluid  $Q$  crește, căderea de presiune  $\Delta P$  crește, deci presiunea de ieșire (către utilizator)  $P_i$  va scade. Dispozitivele de tip a. — p. sînt utilizate la comanda elementelor de execuție cu acțiune proporțională sau integrală și la construcția convertoarelor deplasare — presiune. Amplificatoarele cu a. — p. sînt elemente de comandă a presiunii în limite largi, folosind debite mici. Dependența intrare — ieșire  $P_i = f(\delta)$  în regim staționar este liniară numai pentru o deplasare de 40—50  $\mu\text{m}$  a paletelor.

**alarmare**, operație prin care este sesizată situația în care unul sau mai mulți dintre parametrii ce caracterizează funcționarea unui proces tehnologic depășesc limite aprioric stabilite. Aceste limite pot fi de tipul amplitudine sau de tipul viteză de variație. Astfel, se poate intra în starea de a. dacă gradientul valorii unui parametru dat depășește limita prestabilită, chiar dacă valoarea parametrului se încadrează în limitele normale. Pentru parametri critici există, de regulă, limite de prealarmare și limite de a. Tratarea situației de a. se face în conformitate cu algoritmi care, în prima etapă, elimină alarma falsă (aceasta se poate datora zgomotelor de măsură). De aceea la detectarea unei stări potențiale de a. se execută o explorare cu viteză sporită a parametrului corespunzător, colectîndu-se încă 2—4 eșantioane. Pe baza majorității se discriminează stările de a. de cele de alarmă falsă.

**alfanumeric**, atribut al unui simbol de a aparține unei mulțimi ce cuprinde literele alfabetului unei limbi, cifrele zecimale, semnele de punctuație și alte simboluri speciale ( $\rightarrow$  caracter).

**algebră booleană**, metodă simbolică care permite reprezentarea expresiilor logice binare sub forma unor ecuații analoge celor din algebra clasică, introdusă de G. Boole (cca 1860). Variabilele, parametrii, funcțiile ce apar în a. b. nu pot lua decît două valori: 0 sau 1, în acest sens a. b. fiind o latice distributivă și complementată  $\{0,1\}$ . Operațiile în a. b. sînt intersecția ( $\cap$ ), reuniunea ( $\cup$ ) și complementarea binară ( $-$ ), (negarea). Ele se pot exprima și verifica cu ajutorul tabelelor de adevăr. Principalele proprietăți algebrice ale operațiilor booleene sînt:

(exemplificare pentru trei variabile  $a, b, c$ )

— **comutativitate**  $a \cap b = b \cap a$

$$a \cup b = b \cup a$$

— **asociativitate**  $(a \cap b) \cap c = a \cap (b \cap c)$

$$(a \cup b) \cup c = a \cup (b \cup c)$$

— **idempotență**  $a \cap a = a$

$$a \cup a = a$$

— **distributivitate** (a intersecției în raport cu reuniunea și a reuniunii în raport cu intersecția)

$$a \cap (b \cup c) = (a \cap b) \cup (a \cap c)$$

$$a \cup (b \cap c) = (a \cup b) \cap (a \cup c)$$



— *legile de compoziție (ale lui 1 și 0)*

$$a \cup \bar{a} = 1$$

$$a \cap \bar{a} = 0$$

$$a \cup 0 = a$$

$$a \cap 0 = 0$$

$$a \cup 1 = 1$$

$$a \cap 1 = a$$

— *involuția (legea dublei negații)*

$$\bar{\bar{a}} = a$$

— *teoremele lui de Morgan*

$$\overline{a \cup b} = \bar{a} \cap \bar{b}$$

$$\overline{a \cap b} = \bar{a} \cup \bar{b}$$

Relațiile menționate permit manipularea și simplificarea expresiilor booleene. Dacă  $E(x_1, x_2, \dots, x_n)$  este o expresie definită cu astfel de variabile, valorile lui  $E$  pentru cele  $2^n$  combinații de valori ale variabilelor definesc o funcție boolecană. A.b. este echivalentă cu algebra logică.

**algoritm**, succesiune de operații (de regulă reprezentate într-o formă codificată) avînd drept scop rezolvarea unei probleme date. În domeniul automatizării și conducerii proceselor termenul are mai multe arii de utilizare: a. de conducere, care descrie modul în care se elaborează comanda destinată sistemului de conducere, a. de prelucrare primară a datelor, care descrie metode de conversie a datelor din forma direct obținută din procesul condus în cea compatibilă cu modalitatea de prelucrare prin a. de conducere; a. de căutare, de clasare, de sortare etc., utilizate în manipularea fișierelor ce compun baza de date a sistemului de conducere. A. de conducere sînt de mai multe categorii, depinzînd de metoda de conducere aleasă, de nivelul ierarhic al sistemului de conducere la care a. este implementat, de tipul comportării în timp etc. Există: a. de reglare (de tip *PID*, Dahlin, Kalman, deadbeat, lead-lag etc.), utilizați la nivelul ierarhic inferior; a. de optimizare statică (de tip gradient, gradient conjugat, Powell, Davidson, Fletcher etc.), utilizați la nivelul ierarhic superior, pentru conducere prin fixarea mărimilor de referință; a. de optimizare dinamică, utilizați în aplicații particulare, de regulă la nivelul ierarhic inferior.

**algoritm Dahlin**, algoritm de reglare ce impune alegerea acelei funcții de transfer  $H_c$  a regulatorului care să asigure că ansamblul regulator — proces condus (bucă închisă) se comportă ca un sistem cu întârziere și timp mort. Forma comenzii  $u_k = u(kT)$  este

$$u_k = \sum_{i=0}^m a_i \varepsilon_{k-i} + \sum_{i=1}^n b_i u_{k-i}$$

valorile  $m, n, a_i, b_i$  depinzînd de modelul procesului condus, iar  $\varepsilon_{k-i}$  fiind eroarea între referință și valoarea măsurată. În unele cazuri în funcția de transfer  $H_c(z)$  a regulatorului apar poli care, deși situați în interiorul cercului de rază unitară în planul  $z$ , au modulul apropiat de 1, ceea ce generează oscilații supărătoare ale elementului de execuție în jurul unei valori „medii” a comenzii.

Pentru evitarea fenomenului, factorul  $\frac{1}{z+p}$  asociat polului respectiv

în funcția de transfer se înlocuiește cu valoarea de regim staționar  $\frac{1}{1+p}$ .

**algoritm deadbeat**, algoritm folosit în cadrul sistemelor numerice de reglare, ce presupune elaborarea acelei comenzi care conduce la: a) atingerea valorii staționare  $y_s$  de către mărimea de ieșire  $y(kT)$  în timpul minim (timp



de creștere minim); b) o dată atinsă valoarea staționară, mărimea de ieșire păstrează valoarea  $y(kT) = y_s$  la toate perioadele de eșantionare ulterioare celei în discuție (timp de stabilire minim, eroare staționară nulă). Forma comenzii  $u_k = u(kT)$ , ce satisface condițiile anterioare este:

$$u_k = \sum_{i=0}^m a_i \varepsilon_{k-i} + \sum_{i=1}^n b_i u_{k-i}$$

valorile  $m, n, a_i, b_i$  depinzînd de modelul procesului condus și de tipul de mărime de referință, iar  $\varepsilon_{k-i}$  fiind eroarea între referință și valoarea măsurată. De obicei a. d. impune condiții grele atît procesului condus, cît și elementului de execuție. De aceea se folosesc forme modificate ale algoritmului, avînd drept scop limitarea cererii de putere pe durata regimurilor tranzitorii.

**algoritm de conducere**, strategie conform căreia sistemul de conducere elaborează comenzile transmise procesului industrial condus. Se folosesc algoritmi de reglare și a. de c. optimală. Algoritmii de reglare (mono- sau multivariabili) presupun elaborarea comenzii în funcție de eroarea între mărimea de referință și valoarea măsurată ( $\rightarrow$  algoritmul Dahlin, algoritmul Kalman, algoritmul PID) pe baza unor calcule ce nu implică soluționarea unei probleme de decizie ( $\rightarrow$  conducere numerică directă). A. de c. optimală elaborează comanda în urma calculelor de extremizare a unui indice de performanță impus.

**algoritm de conducere prin fixarea mărimilor de referință**, algoritm al cărui rezultat constă în fixarea valorii referinței destinată regulatorului (mono- sau multivariabil) cu care este prevăzut sistemul de conducere la nivelul ierarhic inferior. Conducerea prin fixarea mărimilor de referință necesită deci regulatoare fie de tipul clasic (analogice), fie de tipul numeric (realizate cu microprocesoare,  $\rightarrow$  sistem distribuit), fie, mai rar, realizate prin program în însăși unitatea fizică servind la conducere prin fixarea mărimilor de referință. De regulă, elaborarea mărimilor de referință se face prin extremizarea unui indice de performanță, deci este o formă de conducere optimală. Practica demonstrează că efectele economice obținute conducînd un proces prin fixarea mărimilor de referință sînt cu un ordin de mărime mai mari decît în cazul oricăror alte metode de conducere.

**algoritm de diagonalizare canonică**, algoritm pentru aducerea  $(p \times m)$  — matricii la forma diagonal canonică. Pentru determinarea și a matricilor unimodulare  $U(s), V(s)$  ce realizează această transformare se lucrează cu tabloul:

$$D(s) = \begin{bmatrix} P(s) & I_p \\ I_m & \end{bmatrix}$$

efectuînd operații de tip Gauss asupra liniilor  $i \in [1, p]$  și coloanelor  $j \in [1, m]$  din tablou, astfel încît iterativ,  $P(s)$  să fie adusă la forma diagonal canonică. La terminarea algoritmului în locul matricii  $I_p(I_m)$  se va afla matricea unimodulară de transformare  $U(s) (V(s))$ . A. de d. c. se aplică și în cazul matricilor numerice  $P$  obținîndu-se forma diagonal canonică

$$\Lambda = UPV = P \begin{bmatrix} 1 & & & & 0 \\ & \ddots & & & \\ & & 1 & & \\ 0 & & & 0 & \ddots & \\ & & & & 0 & \\ & & & & & 0 & \ddots \\ & & & & & & 0 & \ddots \\ & & & & & & & 0 & \ddots \\ & & & & & & & & 0 & \ddots \\ & & & & & & & & & 0 & \ddots \\ & & & & & & & & & & 0 \end{bmatrix}$$

care este utilă, de ex., în cazul algoritmului Kalman-Zeiger-Ho de determinare a unei realizări minimale.



algoritm de eșalon redus, algoritm ce permite determinarea formei de eșalon redus pentru o  $(p \times m)$  matrice,  $P(s) \in \mathbb{R}[s]$  cu reținerea, eventual, a transformării unimodulare de aducere la această formă. Se exemplifică a. de e. r. pe linii, a. de e. r. pe coloane reducându-se la cel pe linii aplicat matricii  $P^T(s)$ , și, în final, transpunând rezultatul. Fie tabloul

$$A(s) = \left[ P(s) \mid I_p \right]$$

și să presupunem că submatricea de coloane a lui  $P(s)$ , între coloanele  $l$  și  $(j-1)$  inclusiv ( $j-1 < m$ ) a fost adusă la forma de eșalon redus pe linii, în sensul că toate elementele din această submatrice, de sub linia  $(i-1)$  sînt nule. În continuare se explorează, în jos, coloana  $j$  de la elementul  $(i,j)$ : dacă toate elementele acestei subcoloane sînt nule se face  $j = j + 1$  și se reia algoritmul. Dacă nu, fie  $p_{kj}(s)$  primul, de sus în jos, polinom nenul de grad minim; se aduce  $p_{kj}(s)$  pe poziția  $(i,j)$  permutînd linia  $i$  cu linia  $k$  și reindexînd polinoamele  $p_{ij}(s) \leftrightarrow p_{kj}(s)$ ; se efectuează operațiile

$$p_{kj}(s) = p_{ij}(s) q_{kj}(s) + r_{kj}(s);$$

se înmulțește linia  $i$  cu  $q_{kj}(s)$  și se scade din linia  $k$ , în aceasta obținîndu-se  $r_{kj}(s)$ ; se reia algoritmul pînă cînd această coloană devine o subcoloană de eșalon redus după care printr-o simplă ponderare și substracție de linii ( $k = 1, i - 1$ ) similară, se asigură că toate elementele  $p_{kj}(s)$ :  $k = 1, i - 1$ , au gradul mai mic ca gradul elementului  $p_{ij}(s)$ ; se face  $j = j + 1$  și se reia algoritmul de la linia  $(i + 1)$ . Condițiile de oprire a algoritmului sînt  $i = p$  sau  $j = m$ , obținîndu-se în locul matricii  $I_p$ , matricea unimodulară  $U(s)$  ce reprezintă transformarea necesară astfel ca

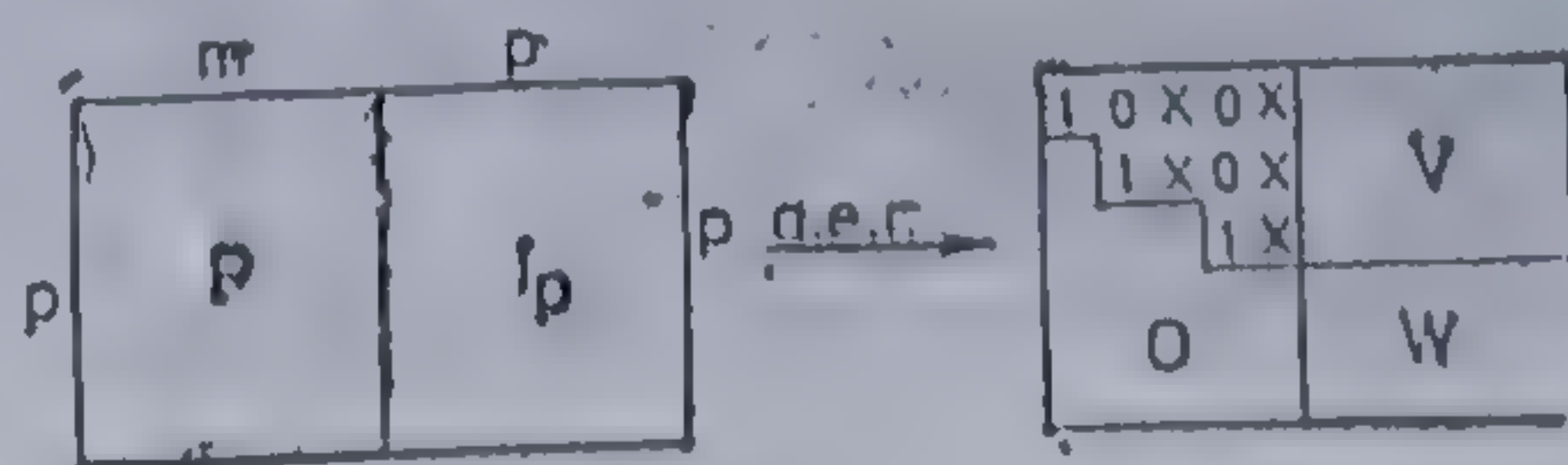
$$E(s) = U(s) P(s)$$

să fie în forma de eșalon redus. În cazul în care  $P$  este o matrice numerică desemnînd o transformare, prin aplicarea a.de.e.r. tabloului

$$A = \left[ P \mid I_p \right]$$

se poate determina domeniul transformării  $P(Im \ P)$  și o bază pentru subspațiul ortogonal lui  $Im \ P$  și anume: o bază pentru  $Im \ P$  este formată din coloanele lui  $P$  ce corespund în eșalonul redus coloanelor de forma  $[0 \ 0 \dots 0 \ 1 \ 0 \dots 0]^T$ ;

o bază pentru  $(Im \ P)^\perp$  este matricea  $W$  delimitată ca



Dacă se aplică a.de e.r. pe liniile matricii  $P^T$  atunci se poate calcula nucleul transformării  $P$  ca fiind

$$\text{Ker } P = W^T$$

cu  $W$  determinat anterior.

algoritm de prelucrare primară a datelor, algoritm utilizat pentru obținerea informațiilor de natură analogică asupra procesului condus. Prelucrarea



primară a datelor necesită următoarele etape: colectarea valorii parametrului, exprimată în unități CAN ( $\rightarrow$  unitate CAN); conversia în unități ingineresti; filtrare; liniarizare; corecția erorilor sistematice de măsură; testarea încadrării între limite. Ca rezultat se obține valoarea validată a parametrului considerat, exprimată în format intern, gata pentru utilizarea imediată în cadrul algoritmului de conducere.

**algoritm de triangularizare**, algoritm de aducere a unei matrici (polinomială sau de numere) la  $\rightarrow$  forma trapezoidală. Pentru aducerea  $(p \times m)$  — matricii  $P(s)$  la forma superior triunghiulară la dreapta și determinarea matricii unimodulare  $U(s)$  ce realizează această transformare, se lucrează cu liniile tabloului

$$A(s) = \left[ \begin{array}{c|c} P(s) & I_p \end{array} \right]$$

efectuând numai operații de tip Gauss asupra liniilor lui  $A(s)$  până când matricea  $P(s)$  ajunge la forma dorită; în acest caz în locul matricii  $I_p$  se obține transformarea  $U(s)$ . Pentru aducerea matricii  $P(s)$  la forma inferior triunghiulară la stînga se pleacă cu tabloul

$$B(s) = \left[ \begin{array}{c|c} P^T(s) & I_m \end{array} \right]$$

aducînd matricea  $P^T(s)$  la forma superior triunghiulară la dreapta, după care se face  $B^T(s)$  și se extrage forma dorită a lui  $P(s)$  precum și transformarea unimodulară (la dreapta)  $V(s) = U^T(s)$ . A. de t. se aplică în mod similar în cazul matricilor de numere  $P$ , de tip  $p \times m$ .

**algoritm Kalman**, algoritm de reglare ce constă în a alege acea funcție de transfer  $H_c(z)$  a regulatorului care să asigure o formă dată  $Y(z)$  a ieșirii cînd referința  $R(z)$  are o formă impusă. Din formele impuse pentru  $Y(z)$  și  $R(z)$  rezultă funcția de transfer  $H_o(z)$  a sistemului în stare închisă și, cunoscîndu-se modelul  $H_p(z)$  al procesului condus, se deduce funcția de transfer  $H_c(z)$  a regulatorului și, implicit, dependența comenzii  $u(kT) = u_k$  de valorile anterioare ale sale, ca și de valorile actuale și anterioare ale erorii:

$$u_k = \sum_{i=0}^m a_i \varepsilon_{k-i} + \sum_{i=1}^n b_i u_{k-i},$$

$a_i$  și  $b_i$  fiind coeficienți dependenți de formele impuse pentru  $Y(z)$  și  $R(z)$ , ca și de modelul  $H_p(z)$  al procesului, iar  $\varepsilon_{k-i}$  fiind eroarea între referință și valoarea măsurată.

**algoritm Kalman — Zeiger — Ho**, algoritm care permite determinarea unei realizări minimele ( $A, B, C$ ) pentru un sistem liniar, reprezentat prin  $(p \times m)$  — matricea sa de transfer  $T(s) \in \mathbb{R}(s)$ . Etapele algoritmului sînt: — se determină c.m.m.m.c. al polinoamelor de la numitorii funcțiilor de transfer ce compun pe  $T(s)$ , gradul acestui polinom fiind  $r$ ; — se dezvoltă în serie formală de puteri ale lui  $s^{-1}$  matricea de transfer  $T(s)$ , prin dezvoltarea în serie a fiecărei funcții de transfer strict proprii din compunerea lui  $T(s)$  și se trunchiază această serie la puterea  $(-2r)$  inclusiv, rezultînd:

$$T(s) = F_1 s^{-1} + F_2 s^{-2} + \dots + F_{2r-1} s^{-2r+1} + F_{2r} s^{-2r} \quad \Bigg| + \dots$$

unde  $F_i$ ;  $i = \overline{1, 2r}$  sînt matrici de tip  $(p \times m)$ .



— se formează matricea Hankel „trunchiată”:

$$K_p = \begin{bmatrix} F_1 & F_2 & F_3 & \dots & F_r \\ F_2 & F_3 & F_4 & \dots & F_{r+1} \\ \vdots & & & & \\ F_r & F_{r+1} & F_{r+2} & \dots & F_{2r-1} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{pr \times mr}$$

— se aduce  $K_p$  la forma diagonal canonică, reținând matricile  $U$  și  $V$  ce realizează această transformare

$$\Lambda = UK_p V = \begin{bmatrix} 1 & & & & 0 \\ & \ddots & & & \\ & & \gamma & & \\ & & & \ddots & \\ 0 & & & & 0 \end{bmatrix}$$

rangul  $n$  al matricii  $\Lambda$  fiind dimensiunea minimală a realizării  $(A, B, C)$ . Se notează cu  $E_q^1$ ,  $(q \times 1)$  — matricea extrasă din  $\Lambda$  începînd din colțul stînga-sus.

— se calculează matricile  $A, B, C$  ale realizării minimale cu relațiile:

$$B = E_n^{pr} U K_p E_{mr}^m$$

$$C = E_p^{pr} K_p V E_{mr}^n$$

$$A = E_n^{pr} U \hat{K}_p V E_{mr}^n$$

unde

$$\hat{K}_p = \begin{bmatrix} F_2 & F_3 & \dots & F_{r+1} \\ F_3 & F_4 & \dots & F_{r+2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ F_{r+1} & F_{r+2} & \dots & F_{2r} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{pr \times mr}$$

algorithm lead-lag, algorithm de reglare ce presupune utilizarea pentru regulator a unei funcții de transfer de forma

$$H_c(s) = K \frac{1 + T_1 s}{1 + T_2 s}$$

deci cu un zero  $(-1/T_1)$ , producînd efectul de „anticipare” (lead) și un pol  $(-1/T_2)$  producînd efectul de întîrziere. Algoritmul se poate utiliza fie prin implementarea pe regulatoare de tip continuu, fie pe regulatoare de tip numeric. În acest ultim caz, după discretizare, forma comenzii  $u(kT) = u_k$  dată procesului este

$$u_k = \sum_{i=0}^{m_r} a_i \varepsilon_{k-i} + \sum_{i=1}^n b_i u_{k-i}$$



$\varepsilon_{k-1}$  fiind eroarea, iar  $a_i, b_i$  coeficienți de ajustare dependenți de modelul procesului și caracteristicile de regim tranzitoriu și staționar impuse. În esență a. 1.—1. nu este diferit de algoritmul *PID*.

algoritm *PID*, algoritm de reglare conform căruia comanda  $u(t)$ , aplicată procesului este proporțională cu eroarea  $\varepsilon(t)$  între mărimea de referință  $r(t)$  și valoarea măsurată  $y(t)$ , ( $\varepsilon(t) = r(t) - y(t)$ ), cu integrala acesteia, precum și cu derivata erorii  $\varepsilon(t)$ . De altfel, a. *PID* provine de la componentele proporțională, integrală și derivativă față de eroare, ale comenzii. Aceasta se scrie:

$$u(t) = K_p \cdot \varepsilon(t) + K_i \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau + K_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

$K_p, K_i, K_d$  fiind constantele de acordare proporțională, respectiv integrală și derivativă ale regulatorului ce implementează algoritmul.

O altă formă de scriere a comenzii  $u(t)$  este:

$$u(t) = K_R \left( \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau + T_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \right),$$

cu  $T_i$  și  $T_d$  constantele de timp de integrare și, respectiv, de derivare, iar  $K_R$  factorul de proporționalitate. Oricare din formele lui  $u(t)$  prezentate mai sus sînt ușor de elaborat utilizîndu-se regulatoare automate de tipul continuu, realizate în principiu cu ajutorul unor amplificatoare operaționale prevăzute cu reacție adecvată. Elementele reacției sînt ajustabile, în ideea de a conferi versatilitate regulatorului. Cînd  $K_i = 0$ , deci componenta proporțională cu integrala erorii a comenzii  $u(t)$  este absentă, regulatorul implementează algoritmul de tip *PD*. Analog se obțin regulatoare de tip *P*, *PI* etc. În condițiile în care la implementarea a. *PID* se utilizează echipamente numerice (de ex., realizate cu microprocesoare sau cu calculatoare de proces) comanda  $u(t)$  este elaborată la anumite momente de timp, separate între ele prin intervale egale  $T$ , numite perioade de eșantionare. Notînd  $u(kT) = u_k$ ,  $\varepsilon(kt) = \varepsilon_k$ ,  $k \in N$ , comanda  $u_k$  se scrie

$$u_k = K_p \varepsilon_k + K_i \sum_{j=1}^k \varepsilon_j T + K_d \frac{\varepsilon_k - \varepsilon_{k-1}}{T}$$

Integrarea s-a aproximat prin însumare (metoda dreptunghiurilor), iar diferențierea prin scădere și împărțire. Integrarea se poate aproxima și prin metoda trapezelor. De regulă, se folosește o altă formă, derivată din cea anterioară, pentru comanda  $u_k$ :

$$u_k = u_{k-1} + c_1 \varepsilon_k + c_2 \varepsilon_{k-1} + c_3 \varepsilon_{k-2}$$

$c_1, c_2, c_3$  calculîndu-se în funcție de perioada de eșantionare  $T$ ,  $K_p, K_i, K_d$ , iar  $(\cdot)_{k-1}$  reprezentînd valoarea mărimii  $(\cdot)$  cu  $i$  perioade de eșantionare înaintea perioadei  $k$ . Elaborarea comenzii corespunzătoare a. *PID* presupune memorarea a patru variabile și trei constante, precum și efectuarea a trei înmulțiri și trei adunări.



algoritmul lui Euclid, algoritm care permite determinarea c.m.m.d.c. al polinoamelor  $p_1(s), p_2(s), \dots, p_n(s) \in \mathbb{R}(s)$  (inelul polinoamelor de grad mai mic sau egal cu  $n$ ). Pentru aceasta se formează  $n \times (n+1)$  matricea

$$A(s) = \left[ \begin{array}{c|c} p_1(s) \\ p_2(s) \\ \vdots \\ p_n(s) \\ \hline I_n \end{array} \right]$$

pentru care se aplică următorul algoritm: se găsește polinomul  $p_k(s)$  de grad minim, nenul, și se aduce pe prima poziție, permutând linia  $k$  din matricea  $A(s)$  cu linia 1 și reindexind polinoamele,  $p_k(s)$  devine  $p_1(s)$ , iar  $p_1(s)$  devine  $p_k(s)$ ; fie

$$p_i(s) = p_1(s) \cdot q_i(s) + r_i(s); \quad i > 1$$

cu  $\partial[r_i(s)] < \partial[p_1(s)]$  și deci făcînd operațiile de înmulțire a liniei 1 din  $A(s)$  cu  $q_i(s)$  și scăzînd rezultatul din linia  $i$  se va obține matricea

$$\left[ \begin{array}{c|c} p_1(s) \\ r_2(s) \\ \vdots \\ r_n(s) \\ \hline U_1(s) \end{array} \right]$$

Dacă se repetă această operație se ajunge în final la forma:

$$\left[ \begin{array}{c|c} d(s) \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ \hline U(s) \end{array} \right]$$

unde  $d(s)$  reprezintă c.m.m.d.c. al polinoamelor  $p_i(s)$ ,  $i = 1, n$ , iar  $U(s)$  este transformarea unimodulară ce asigură

$$U(s) \cdot \begin{bmatrix} p_1(s) \\ p_2(s) \\ \vdots \\ p_n(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d(s) \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

După determinarea c.m.m.d.c. se poate calcula și c.m.m.m.c. al polinoamelor  $p_i(s)$ ,  $i = \overline{1, n}$  cu relația evidentă:

$$\text{c.m.m.m.c.} = \frac{p_1(s) \cdot p_2(s) \cdot \dots \cdot p_n(s)}{\text{c.m.m.d.c.}}$$

alocare de poli, procedură tipică de rezolvare a problemei de sinteză elementară a sistemelor liniare și invariante. Admițînd că starea  $x$  este măsurabilă, atunci sistemul liniar

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$



în prezența legii de comandă

$$u(t) = Fx(t) + Gv(t)$$

devine

$$\dot{x}(t) = (A + BF)x(t) + BGv(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

dinamica sistemului cu reacție fiind determinată de  $\sigma(A + BF) =$  spectrul valorilor proprii ale matricii  $(A + BF)$  și care reprezintă polii sistemului în circuit închis. Problema a.d.e.p. revine deci la a determina matricea de reacție  $F$  astfel încât  $\sigma(A + BF) = \Lambda$ , unde  $\Lambda$  este o mulțime simetrică de  $n$  numere complexe alese astfel încât răspunsul sistemului cu reacție să satisfacă performanțele impuse. Rezolvarea concretă a problemei a.d.e.p. este posibilă dacă și numai dacă perechea  $(A, B)$  este controlabilă.

**alunecător (regim alunecător)**, regim specific de funcționare a sistemelor cu neliniarități de tip releu. Traectoria de stare este de tipul unei oscilații de mică amplitudine și înaltă frecvență, în jurul unei hipersuprafețe, numită hipersuprafața de comutație. Abaterea față de această hipersuprafață fiind redusă, în analiza acestui regim se poate considera că, traectoria este conținută în hipersuprafața de comutație, rezultând că dinamica va depinde numai de hipersuprafață (nu va mai depinde de parametrii sistemului). O porțiune a unei hipersuprafețe  $q(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$  va genera un regim a. dacă în această porțiune se îndeplinește condiția:

$$q \cdot \frac{dq(x(t))}{dt} < 0$$

adică, la orice abatere, oricât de mică, a traectoriei de stare de la hipersuprafață, vectorul viteză este orientat spre hipersuprafață. Dacă  $q(x_1, x_2, \dots, x_n)$  este formă liniară (hiperplan) atunci comportarea sistemului neliniar în regim a. este identică cu comportarea unui sistem liniar. În fig. A.3 este ilustrat cazul unui regim a. pentru  $n = 2$ .

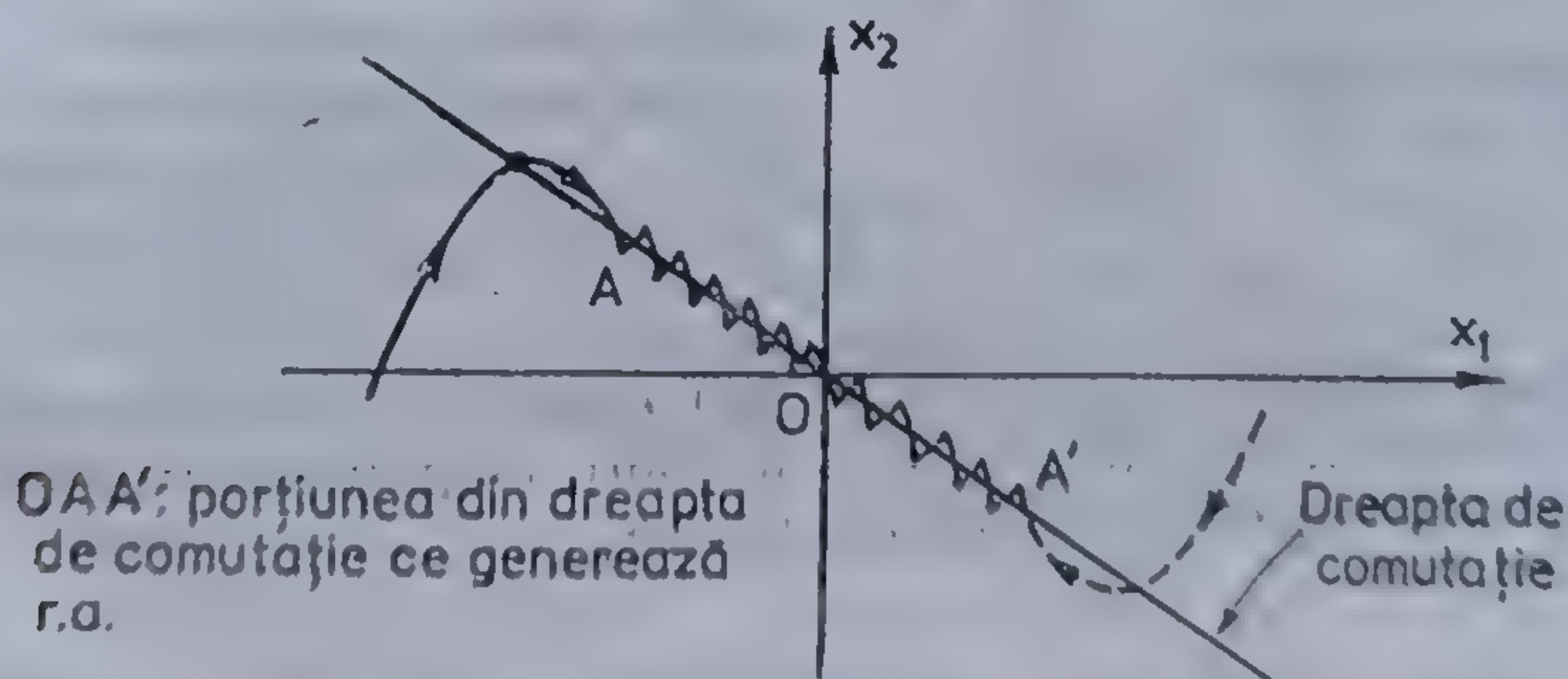


Fig. A.3. Traectoria de stare în regim alunecător pentru  $n = 2$ .

**amortizare**, descreșterea în timp sau în spațiu a amplitudinii unei oscilații. În teoria sistemelor interesează numai a. în raport cu timpul; fie de ex. sistemul de întârziere de ordinul II;

$$\ddot{y}(t) + 2\zeta\omega_n\dot{y}(t) + \omega_n^2 y(t) = 0; \quad \zeta \in (0, 1), \omega_n > 0$$

$$y(0) = y_0, \dot{y}(0) = 0$$



care are soluția

$$y(t) = \frac{y_0}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega_n t} \sin \left( \omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t + \arctg \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta} \right) \quad t > 0$$

și cărcia îi corespunde reprezentarea din fig. A.4.

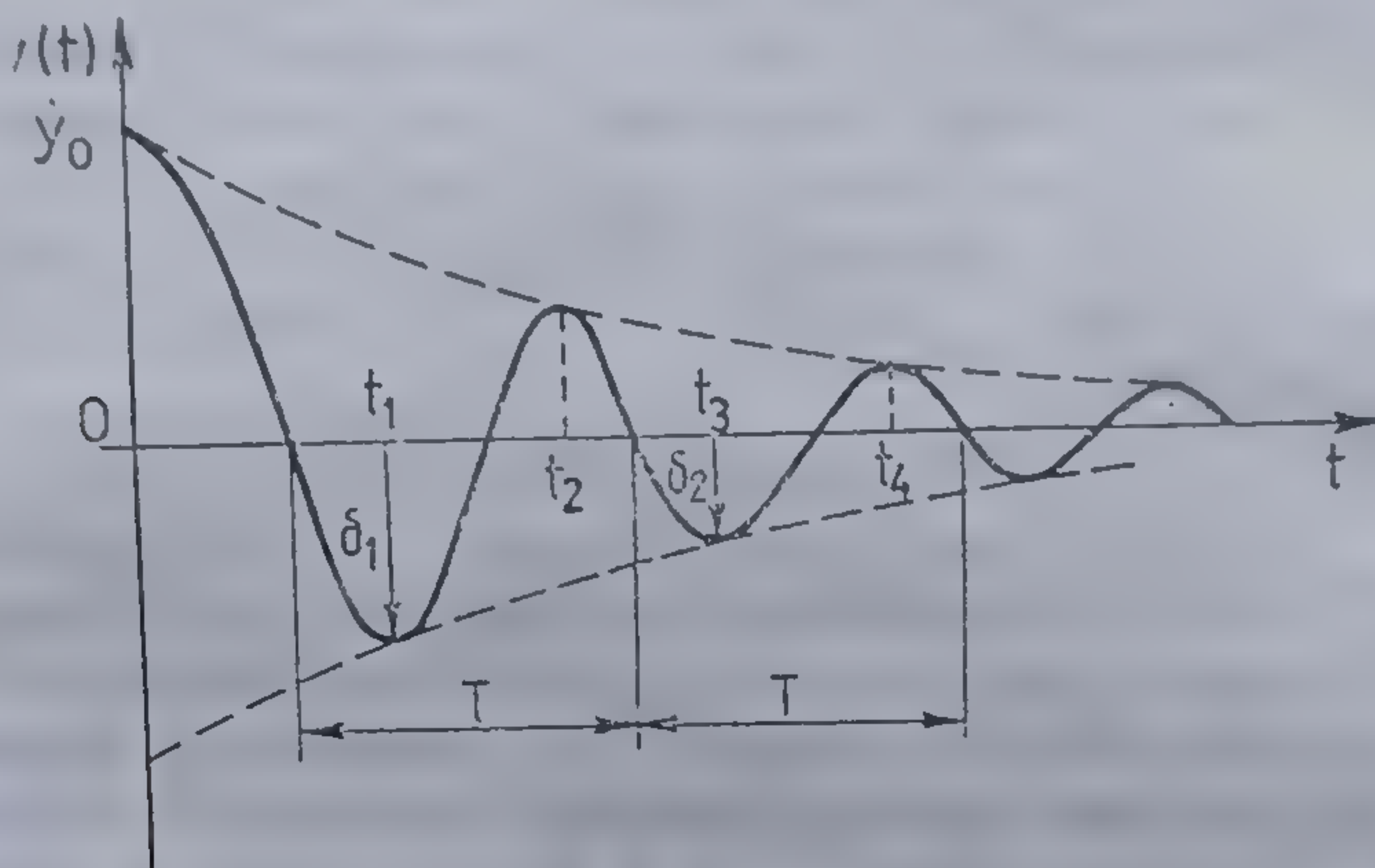


Fig. A.4. Reprezentarea grafică a unei oscilații amortizate.

Se introduce, pentru caracterizarea „grădului de a.” indicele

$$\psi = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} = 1 - e^{-\frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

numit indice de a. a oscilației sau decrement al oscilației; la sistemele liniare,  $\psi$  este identic pentru oricare alte două extreme succesive de același semn (a. liniară); la sisteme neliniare regula precedentă nu se mai respectă.

**amortizare comandată** (oscilație cu amortizare comandată), oscilație la care decrementul se modifică după o anumită lege. Modificarea decrementului oscilației reprezentată de ieșirea unui sistem vizează realizarea unor performanțe tranzitorii dorite. Realizarea practică a unei a.c. revine la modificarea unui parametru din sistem care să determine o variație a factorului de amortizare  $\zeta$ .

**amplidină**, mașină electrică de curent continuu, amplificatoare, cu cîmp magnetic trasversal, funcționînd pe principiul amplificatoarelor în cascadă. În fig. A. 5 este reprezentată schema unei a.

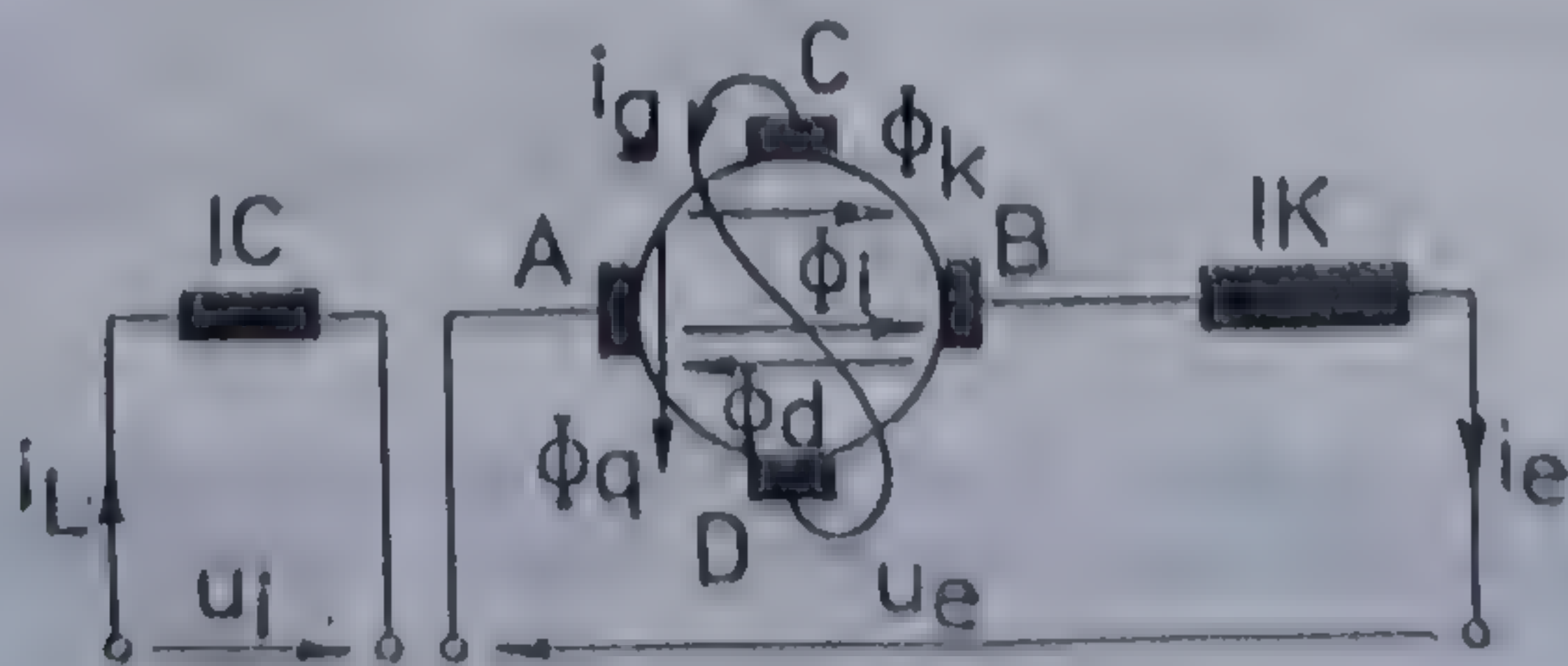


Fig. A.5. Schema de principiu a unei amplidine.



A. se realizează la puteri în gama: sute de wați până la cca 20 kW. Coeficientul de amplificare în putere al a. ajunge până la ordinul zecilor de mii. A. este prevăzută de obicei cu trei-patru înfășurări de excitație, care pot juca rolul de: înfășurare de comparație, de reacție pozitivă, de stabilizare sau de comandă. A. este utilizată ca generator, pentru reglarea automată a turației motoarelor electrice în sisteme de tip generator-motor. În structura de reglare prezentată în fig. A.6 înfășurarea stabilizatoare *IS* se comportă ca o reacție după variațiile tensiunii de ieșire a a. cu care este cuplată prin intermediul transformatorului *TS*. Înfășurarea de reglare *IR* lucrează ca o reacție după tensiune. La creșterea sarcinii pe arborele motorului, odată cu creșterea curentului de sarcină al motorului scade tensiunea din circuitul rotoric și deci curentul prin *IR*. Deoarece solenațiile înfășurărilor *IR* și *IC* sînt de sensuri inverse, solenația totală a celor două înfășurări va crește, determinînd creșterea curentului total de excitație al a. Drept urmare va crește tensiunea de ieșire  $U_e$  a a. determinînd creșterea vitezei la arborele motorului.

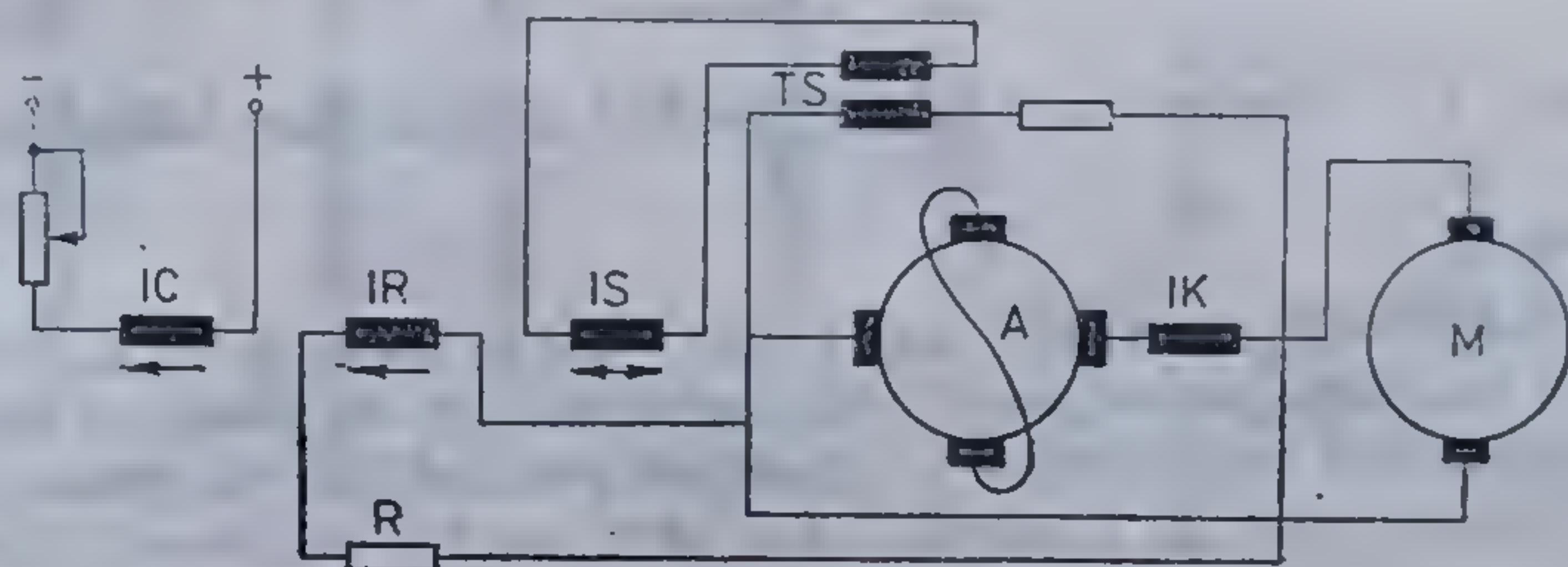


Fig. A.6. Grup generator-motor cu amplidină: —

*IC* — înfășurare principală de excitație separată; *IS* — înfășurare stabilizatoare; *IR* — înfășurare de reglare; *TS* — transformator; *IK* — înfășurare de compensare; *A* — amplidină; *M* — motor; *R* — rezistență.

**amplificator**, dispozitiv prin intermediul căruia un semnal de intrare comandă o sursă de putere, producînd la ieșire un semnal care este o funcție de intrare. În cazul în care semnalul de ieșire îl reproduce pe cel de intrare multiplicat cu un factor de proporționalitate, a. se numește *liniar*, iar factorul de proporționalitate reprezintă amplificarea. Există și a. *neliniare*, la care semnalul de ieșire nu mai este proporțional cu cel de intrare, ci depinde de acesta după o lege neliniară. A. pot fi: mecanice, electromecanice, pneumatice, hidraulice, electronice. În cadrul echipamentelor de automatizare cele mai răspîndite sînt a. electronice, a. pneumatice și, într-o oarecare măsură, a. hidraulice. A. electronice se realizează cu tranzistoare în varianta cu componente discrete sau sub formă de circuite integrate. Cele pneumatice sînt de tipul ajutor — paletă (bilă-con, con-cilindru), de tipul cu sertar sau fluidice, bazate pe interacțiunea jeturilor. În raport de principiile de funcționare, de structura și de particularitățile elementelor componente se pot face diverse clasificări ale a. Întrucît varietatea cea mai mare de tipuri de a. o prezintă cele electronice, următoarea clasificare se va raporta la acestea. După natura curentului se disting a. de curent continuu, ce pot fi cu cuplaj direct sau cu modulare-demodulare, și a. de curent alternativ, care la rîndul lor se împart în a. de bandă îngustă (selective sau acordate) și a. de bandă largă. Din punctul de vedere al conexiunilor în intrare și ieșire se deosebesc a. cu intrare și ieșire față de masă, cu intrare diferențială și ieșire față de masă, cu intrare și ieșire diferențială. A.



se mai pot clasifica în a. de tensiune, de curent sau de putere. Categoriile speciale de a. electronice le formează cele instrumentale, utilizate în aparatele de măsurat și caracterizate printr-o înaltă stabilitate a parametrilor funcționali, și cele operaționale prin intermediul cărora pot fi realizate diferite operații de calcul (sumare, integrare, diferențiere etc.). Simbolul grafic al unui a. este reprezentat în fig. A.7.

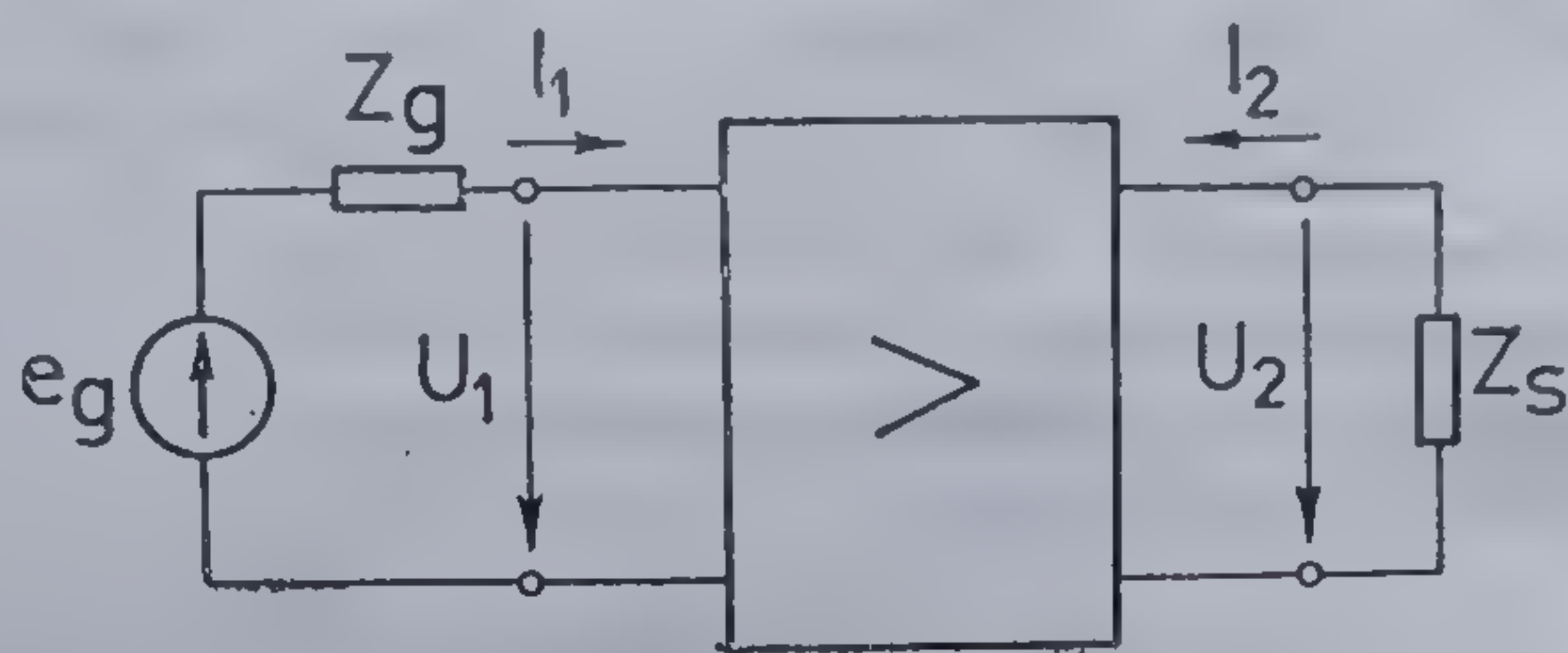


Fig. A.7. Reprezentarea simbolică a unui amplificator.

**amplificator fluidic**, element activ din cadrul unui sistem pneumatic sau hidraulic, care folosește energia externă furnizată de un fluid — gaz sau lichid, în scopul amplificării debitului sau presiunii semnalului de comandă a reguletoarelor sau elementelor de execuție. A.f. sînt de tip pneumatic sau hidraulic.

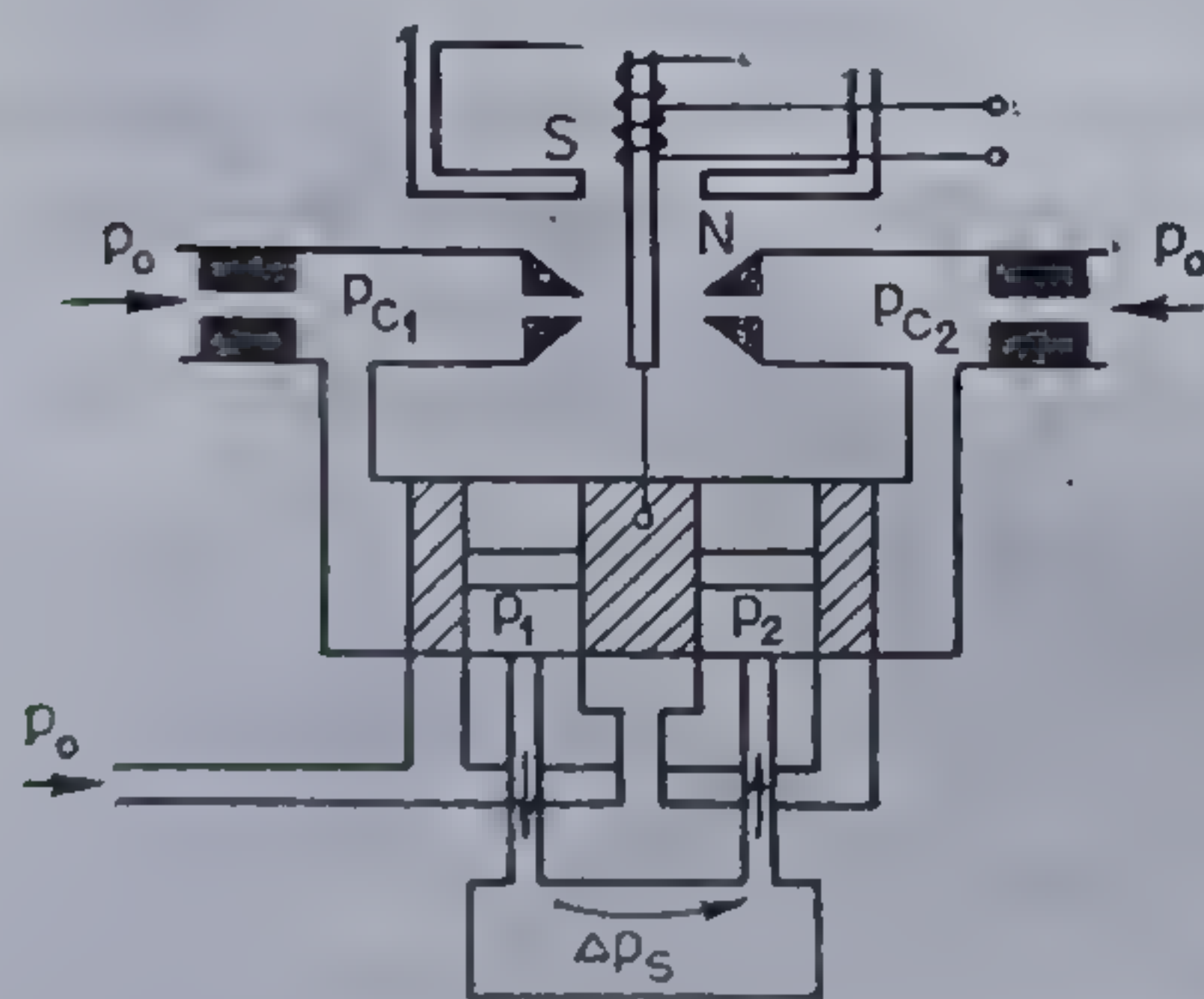


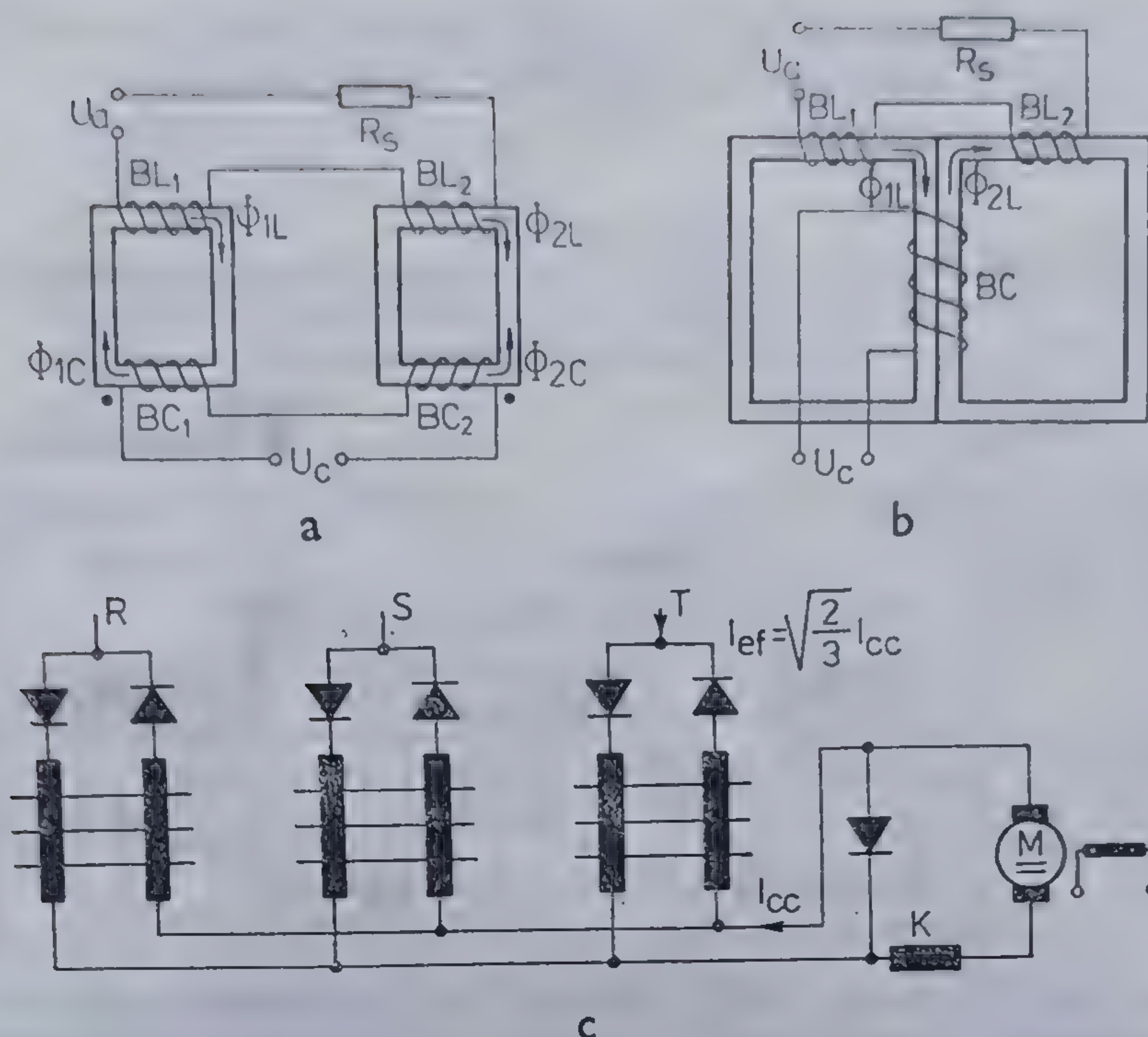
Fig. A.8. Schema de principiu a unui amplificator hidraulic cu reacție de forță.

**amplificator hidraulic**, amplificator fluidic ce utilizează energia unui lichid (de ex., ulei) și furnizează la ieșire o putere hidraulică mult mai mare decât puterea consumată la intrare pentru comandă. O clasificare a a.h. se poate face în funcție de: numărul de etaje: a.h. cu 1, 2 sau 3 etaje; tipul primului etaj de amplificare: a.h. cu ajutoraj-paletă, cu tub mobil sau cu sertar; reacția internă: a.h. cu reacție directă de poziție, cu reacție de forță, cu reacție mecanică și cu resorturi de centrare; modul de comandă: a.h. cu comandă electrică, pneumatică, hidraulică, mecanică; mărimea de ieșire: a.h. cu ieșire de debit, de presiune, de presiune și debit. În fig. A.8 se prezintă un a.h. cu reacție de forță. Echipamentul de interfață electrohidraulic este realizat cu un convertor electromecanic

cu magnet permanent (CEMP) cuplat direct cu primul etaj de amplificare hidraulic.

**amplificator magnetice**, organ de execuție electric, a cărui funcționare se bazează pe neliniaritatea de tip saturație a bobinelor cu miez de fier supuse în același timp atât unei magnetizări în curent alternativ, cât și unei magnetizări în curent continuu. Aceasta din urmă poate determina o modificare a permeabilității magnetice a miezului și deci și a inductanței bobinei. Principial, un a.m. este format din două bobine montate pe același circuit magnetic: bobina de lucru (BL) alimentată în curent alternativ și bobina de comandă (BC). Sarcina este notată cu \$R\_s\$ (fig. A.9).





Pentru a face sensibil a.m. la sensul curentului de comandă se folosesc mai multe soluții: introducerea unei înfășurări auxiliare de polarizare, montaj diferențial sau montaj în punte. A.m. sînt elemente statice, robuste, utilizate drept convertizoare curent alternativ/curent continuu pentru comanda pe indus a motoarelor de curent continuu nereversibile sau cu reversări rare, cît și pentru comanda excitațiilor la care nu este necesară forțarea micșorării curentului. Domeniul de puteri de utilizare: pînă la cca 250 kW. A.m. se folosesc și pentru reglarea turației motoarelor de curent alternativ asincrone, cu inele. Convertizoarele cu a.m. se utilizează în variantă monofazată sau trifazată, avînd conectate diodele conform schemei de saturație (fig. A.9, c). Comanda a.m. se face de la regulator prin intermediul amplificatoarelor finale basculante. În acest scop, semnalele obținute de la cele două ieșiri ale amplificatorului basculant se scad prin aplicarea pe două înfășurări de comandă ale a.m.

amplificator operațional, amplificator de curent continuu cu reacție negativă care permite efectuarea unor operații matematice cum sînt adunarea, scăderea, integrarea și diferențierea. Schema de principiu a unui a.o. este reprezentată în fig. A.10.

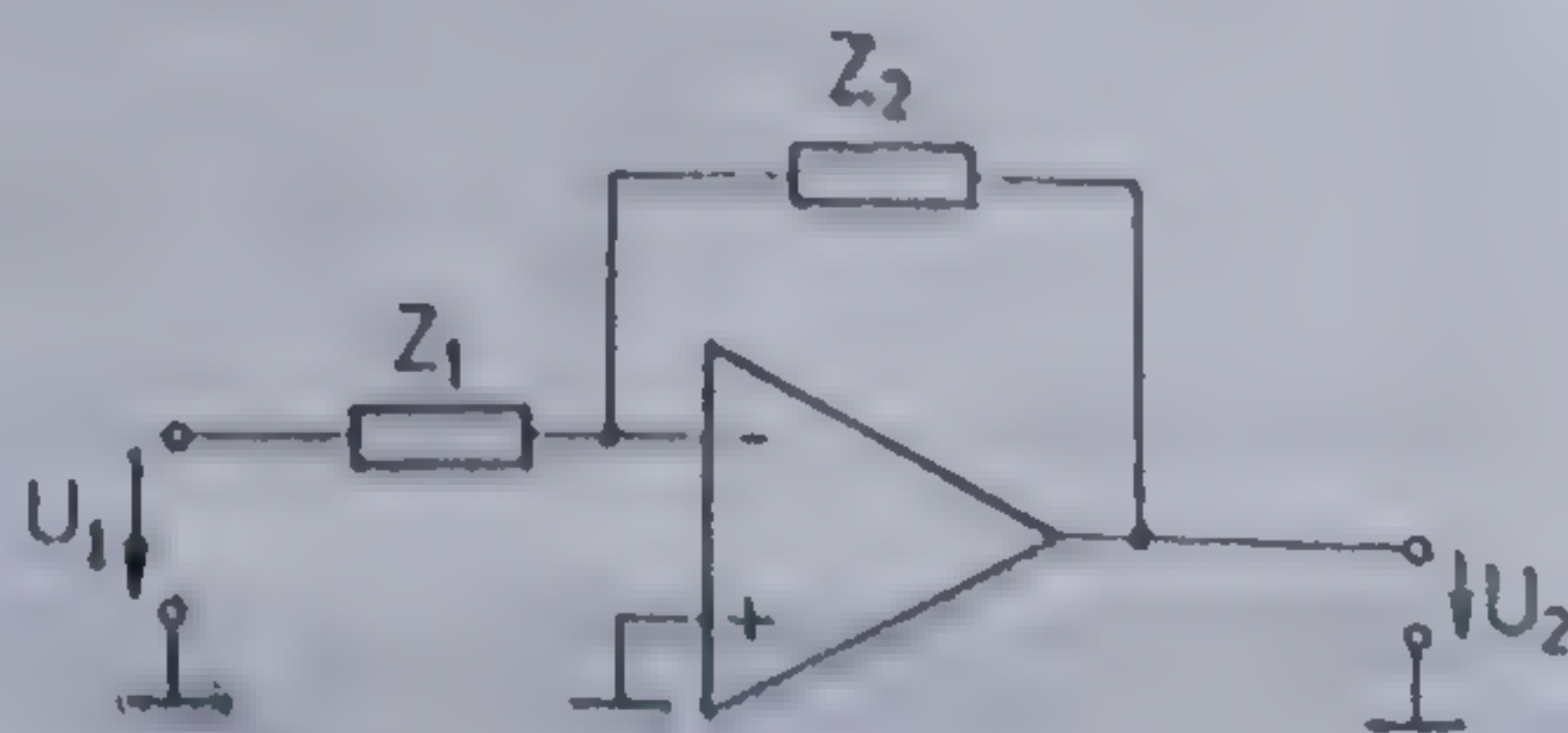


Fig. A.10. Reprezentarea schematică a unui amplificator operațional.



Relația de funcționare, în condițiile unei amplificări mari în circuit deschis, depinde numai de impedanțele din intrare și de pe reacție

$$U_2 = - \frac{Z_2}{Z_1} U_1$$

În tabelul A.1 sînt prezentate scheme cu a.o. care realizează operațiile de calcul menționate. A.o. sînt larg utilizate în echipamentele electronice de măsurare și automatizare și în construcția calculatoarelor analogice.

Tabelul A. 1

Denumirea operației	Schema	Relația
Adunare		$U_2 = -R_2 \sum_{K=1}^n \frac{U_{1K}}{R_{1K}}$
Scădere		$U_2 = \frac{R_2}{R_1} (U_{12} - U_{11})$
Integrare		$U_2 = -\frac{1}{RC} \int U_1 dt$
Derivare		$U_2 = -RC \frac{dU_1}{dt}$

amplificator pneumatic, amplificator fluidic ce utilizează energia aerului comprimat și care prelucrează semnale de comandă de tip presiune sau debit,



deplasare sau forță. A.p. pot fi realizate constructiv cu sau fără piese mobile. Un a.p. frecvent utilizat pentru amplificarea semnalului de eroare (ca preamplificator) în reglatoarele pneumatice este cel de tip ajutor — paletă (fig. A.11). Pentru valori mici ale diferenței  $\Delta p = p_1 - p_2$ , caracteristica statică este liniară și se exprimă prin relația:

$$p = K_A(p_1 - p_2)$$

Factorul de amplificare  $K_A$  poate lua valori pînă la 100.

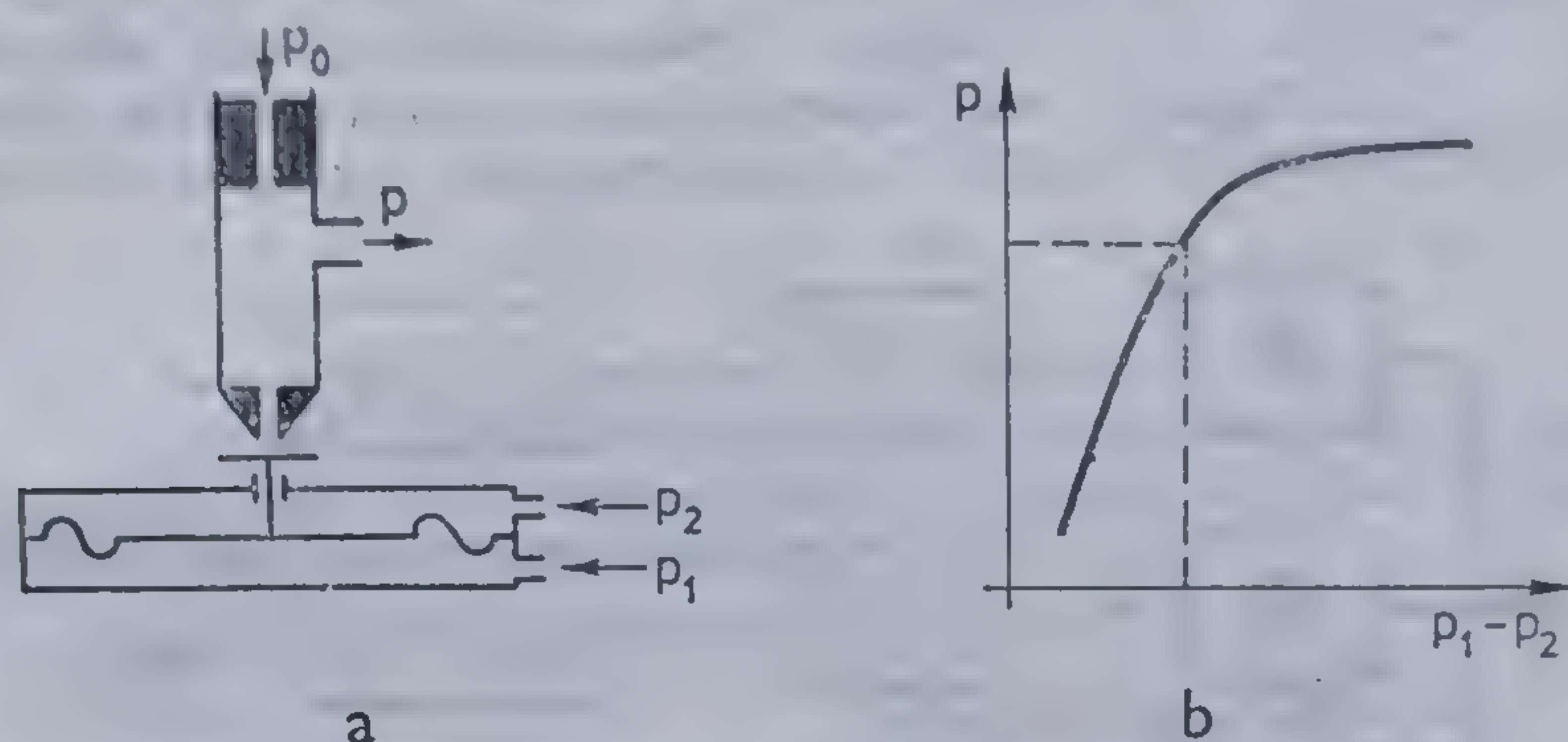


Fig. A.11. Amplificator pneumatic:  
a — schema constructivă; b — caracteristica statică.

A.p. de putere asigură un nivel energetic ridicat (produsul presiune debit —  $PQ$ ), necesar în cazul amplificării mărimii de conducere furnizată de reglatoarele pneumatice, care trebuie să acționeze asupra elementelor de execuție. De regulă, a.p. de putere sînt amplificatoare de debit realizate cu rezistențe de tip bilă-con, con-cilindru, sau combinate.

amplitudine, valoarea maximă pe care o ia, în timp, o mărime (o variabilă). Termenul a. se utilizează frecvent pentru caracterizarea mărimilor armonice prin intermediul reprezentărilor fazoriale, desemnînd modulul  $A$  al fazorului  $Ae^{j\omega t}$ .

analizor, aparat destinat operațiilor de prelucrare a semnalelor, de regulă în timp real. Pentru a satisface cerințele de precizie și viteză de lucru, a. moderne se realizează cu structuri numerice. Analiza semnalelor poate fi realizată în timp sau în frecvență, deosebindu-se următoarele tipuri de a.: — a. multicanal, a. în domeniul timpului utilizat pentru efectuarea histogramei semnalului, adică clasificarea eșantioanelor după amplitudine, sau prin extensie pentru determinarea densității de probabilitate a unei mărimi aleatoare. În principiu un a. multicanal este format dintr-un convertor analog-numeric care permite cuantificarea în nivel a semnalelor (CAN), o memorie (M) adresată prin registrul de adrese (RA), un bloc de calcul (BC) pentru operații elementare de adunare — scădere, un dispozitiv de elaborare comenzi (DEC) care gestionează fluxul de informații, un bloc bază de timp (BT) și dispozitivul de afișare (DA). Schema bloc a unui a. multicanal este prezentată în fig. A.12. Schema permite

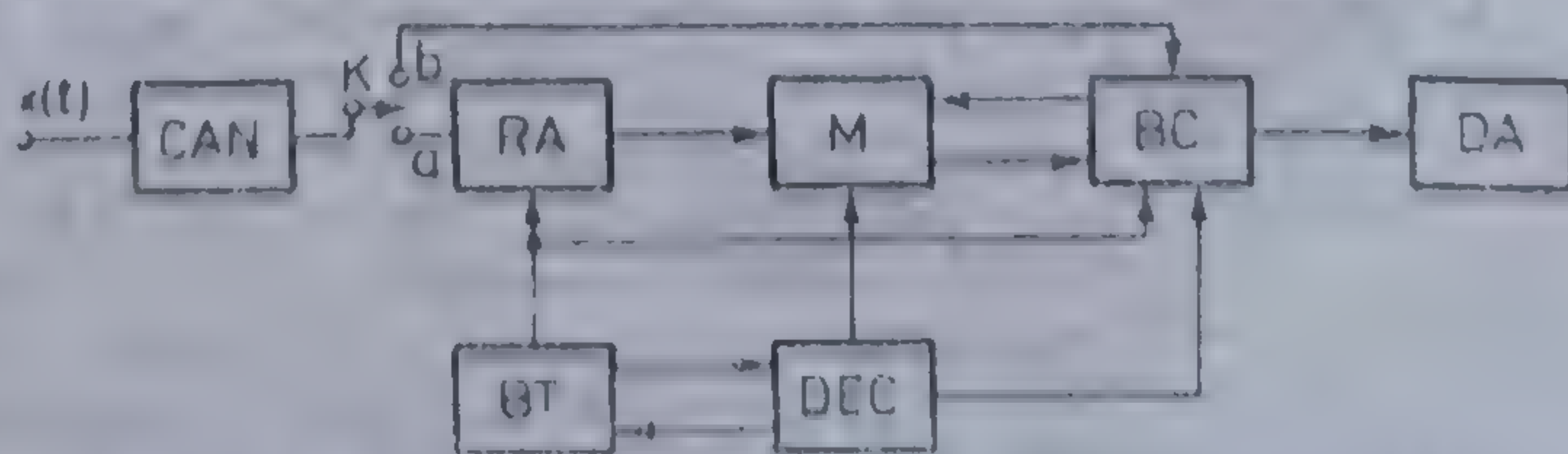


Fig. A.12. Schema bloc a unui analizor multicanal.



funcționarea în două regimuri, selectate prin comutatorul  $K$ : a) ca selector de date (mod statistic), efectuând analiza de amplitudine a semnalului; b) în regim secvențial, permițând introducerea în memorie sub formă numerică a mărimii analizate în ordinea succesivă a evoluției în timp a semnalului;

— a. *spectral*, a. care realizează analiza în frecvență a semnalelor, permițând, de regulă, obținerea de linii sau benzi spectrale înguste ale spectrelor funcției semnal. Aceste aparate se împart în două categorii mari: a) a. spectral cu filtrare, care conține mai multe filtre ( $F_i$ ) trece bandă, de bandă îngustă, centrate pe frecvența liniei spectrale ce trebuie determinată, urmate de un cuadrator ( $C$ ) și un dispozitiv de mediere ( $DM$ ), la ieșirea căruia se obține densitatea spectrală medie de bandă  $f$  în jurul frecvenței  $f_i$  (fig. A.13). Analiza în

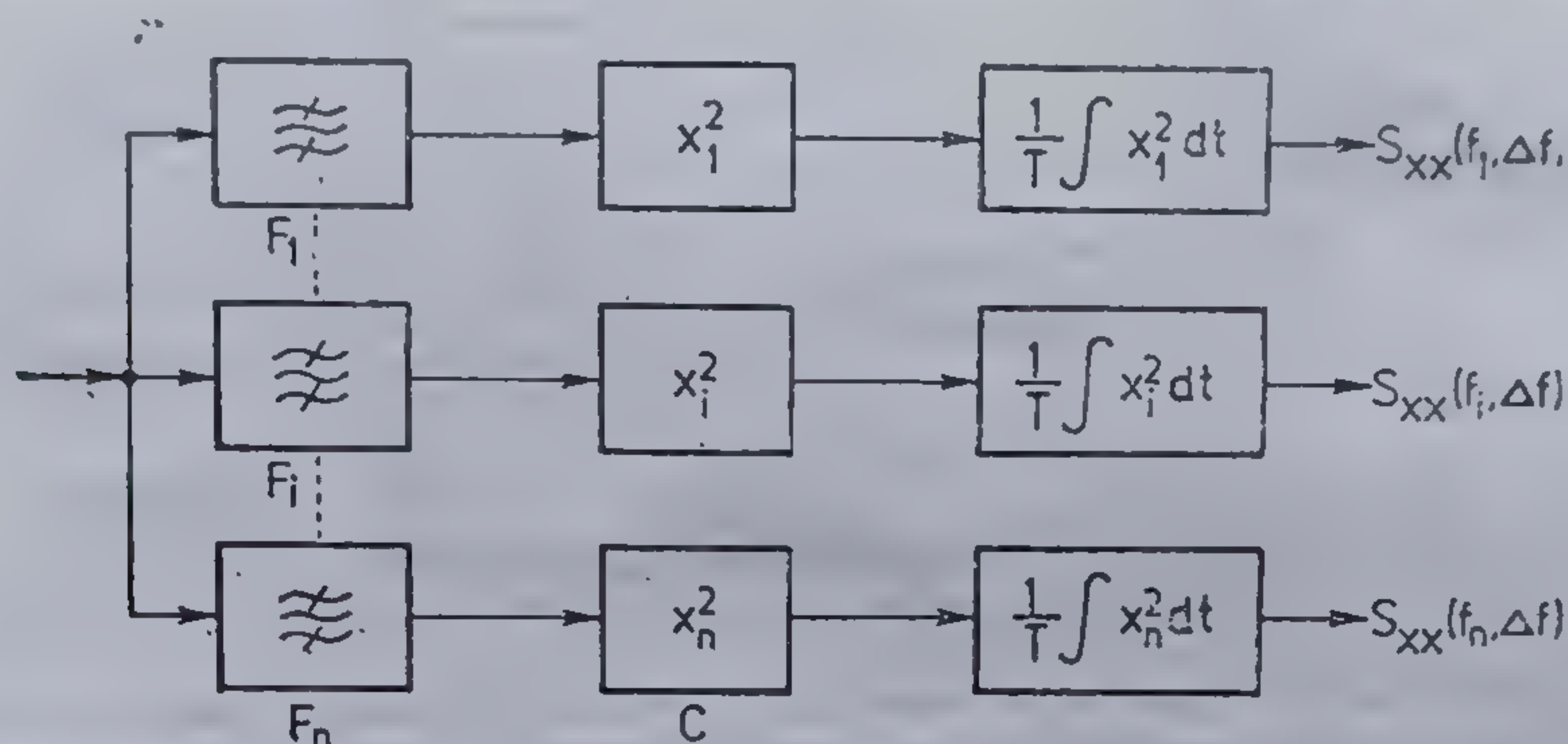


Fig. A.13. Schema bloc a unui analizor spectral.

paralel permite ca a. spectral cu filtrare să lucreze la frecvențe ridicate (sute de kHz); în schimb se pierde orice informație despre faza semnalului; b) a. Fourier, aparat care permite calculul numeric al transformatei Fourier a semnalului (*TFD* — *Transformata Fourier Discretă*), de obicei prin algoritmi de calcul rapid care reduc numărul de multiplicări (*TFR* — *Transformata Fourier Rapidă*). Aparatele de acest tip sînt echipamente de calcul specializate, de mare complexitate, operînd pe blocuri de date (numărul de eșantioane pe o perioadă fixată printr-o fereastră de ponderare) și oferind, de asemenea, în bloc liniile spectrale, fie sub formă de real și imaginar pentru fiecare frecvență, fie sub formă de amplitudine și fază. Schema de principiu a unui a. Fourier (fig. A.14) conține patru secțiuni principale: secțiunea de intrare, care conține un

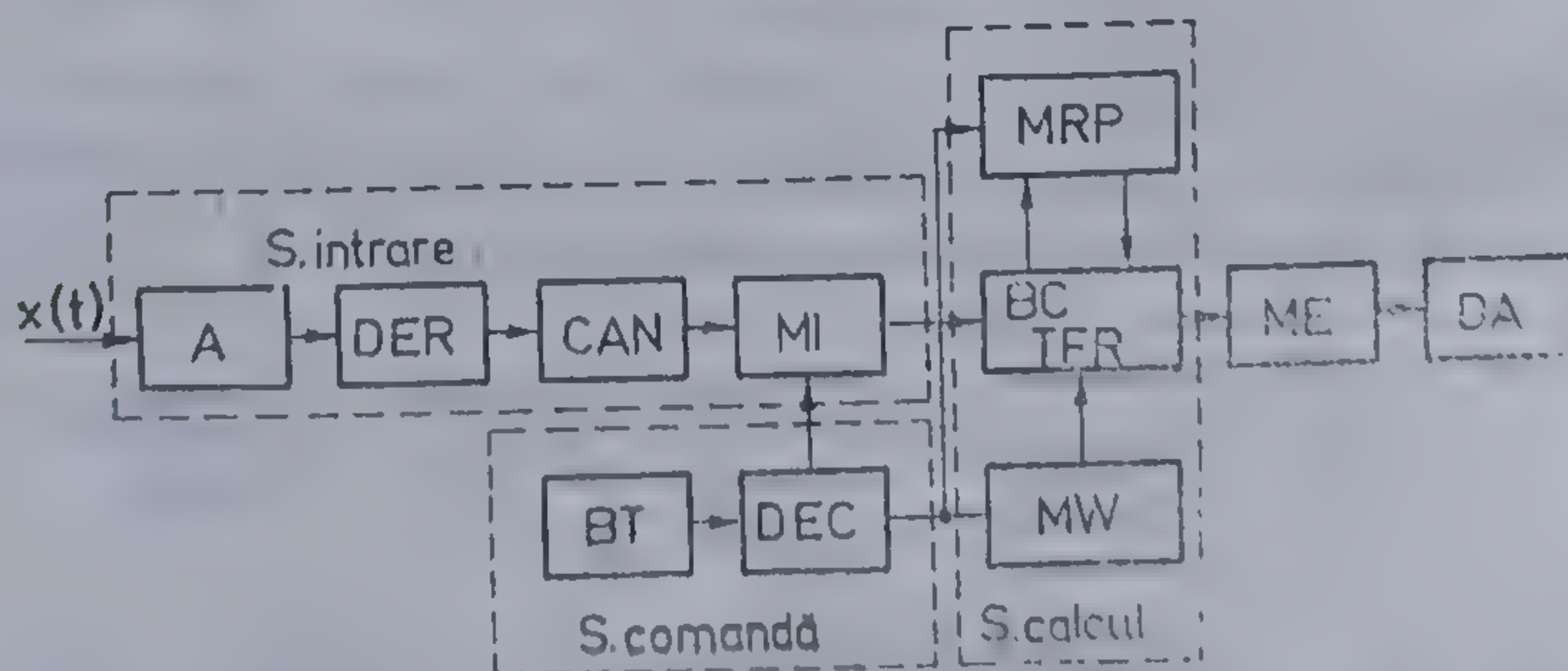


Fig. A.14. Schema de principiu a unui analizor Fourier.



atenuator (A), un dispozitiv de eșantionare și reținere (DER), un convertor analog-numeric (CAN) și memoria de intrare (MI); secțiunea de calcul, care conține blocul de calcul pe baza algoritmului  $TFR$  ( $BC - TFR$ ), memoria coeficienților de ponderare — valori de sinus și cosinus — ( $MW$ ) și memoria rezultatelor parțiale ( $MIP$ ); secțiunea de comandă, care conține blocul de bază de timp ( $BT$ ) și dispozitivul de elaborare a comenzilor ( $DEC$ ); secțiunea de ieșire care conține memoria de ieșire ( $ME$ ) și dispozitivul de afișare ( $DA$ ).

analizor diferențial numeric, dispozitiv numeric care realizează calculul unei sume de forma

$$s_i = s_0 + \sum_{i=0}^n \alpha(i)$$

unde seria valorilor  $\alpha(i)$  depind de forma unei funcții, iar  $s_0$  și  $s_n$  reprezintă valoarea inițială și, respectiv valoarea finală a funcției, considerind intervalul total de variație împărțit în  $n$  pași egali (fig. A.15).

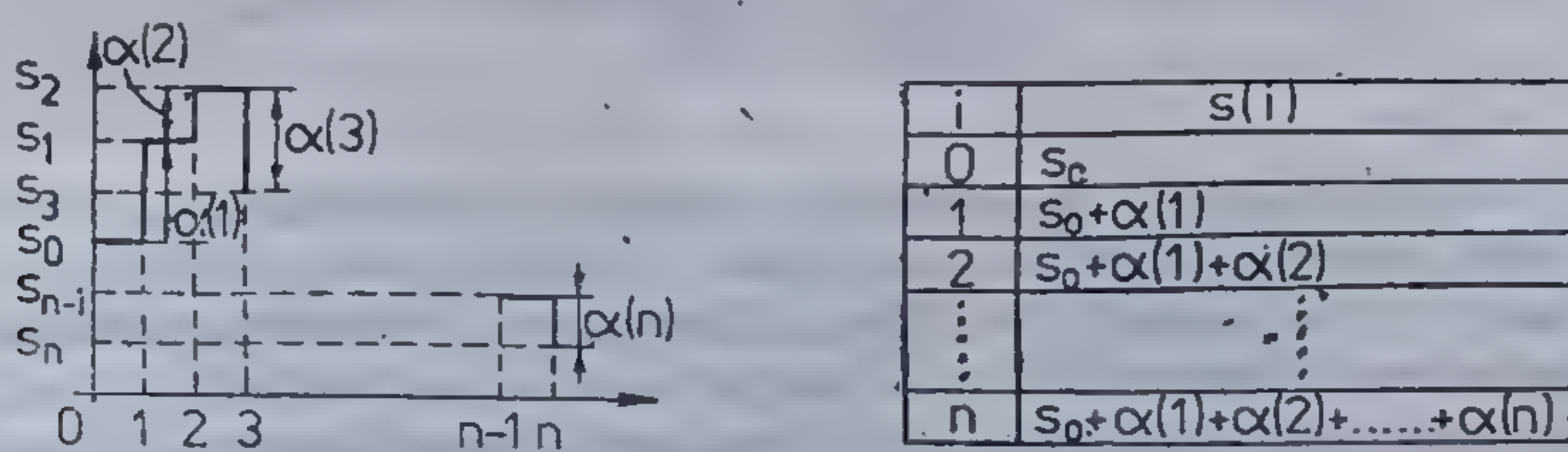


Fig. A.15. Diagrama de funcționare a unui analizor diferențial numeric.

A.d.n. permit rezolvarea, prin integrare, a sistemelor de ecuații diferențiale. Se utilizează în special în comanda numerică de conturare pentru găsirea ecuației traiectoriei approximate a sculei (interpolare liniară și circulară) la care se folosește o definiție parametrică a curbei, variabila comună pe axele  $x, y$  fiind timpul. Implementarea unei structuri a.d.n. se face cel mai comod utilizând codul binar — natural, în două variante: cu sumare paralel și calculul anticipat al transportului sau cu sumare serie și vehicularea informației în registre de deplasare.

analogie, denumire atribuită unor semnale de intrare, de comandă, de ieșire etc. având variații continue, similare cu cele ale mărimilor primare pe care le reprezintă. Prin extensie, dispozitivele, aparatele și echipamentele care operează cu astfel de semnale sînt denumite a. Relațiile care reprezintă dependența intrare-ieșire pentru un dispozitiv a. sînt funcții continue, care pot fi liniare sau neliniare.

anclanșarea automată a alimentării de rezervă (AAR), sistem cuprinzînd toate dispozitivele care, în cazul deconectării din orice cauză a alimentării normale (de serviciu) cu energie electrică în instalații de utilizare, distribuție și de producere a energiei electrice, conectează automat alimentarea de rezervă. Un sistem AAR (reprezentat schematic în fig. A.16) cuprinde: un element de pornire 1 (de ex., releu minimal de tensiune alimentat din secundarul transformatorului de tensiune  $T_{11}$ ) legat la barele consumatorilor; un element de control 2, care condiționează funcționarea schemei de prezența tensiunii la alimentarea de rezervă (măsurată cu  $T_{12}$ ); un element de temporizare (opțional) 3 și un element de blocaj la acționări repetate 4;  $I_1$  și  $I_2$  sînt două întreruptoare cu inter-



blocare ( $I_2$  nu cuplează decât dacă  $I_1$  a fost declanșat). Pornirea unui sistem AAR poate fi comandată de scăderea sub o anumită valoare a tensiunii pe bară pînă la o valoare  $U_{rez} \leq 0,4 U_{nom}$  (pornire cu întârziere) sau de declanșarea unuia din întreruptoarele alimentării normale (pornire rapidă). Timpul de pauză pînă la acționarea întreruptorului de rezervă se numește timp AAR.

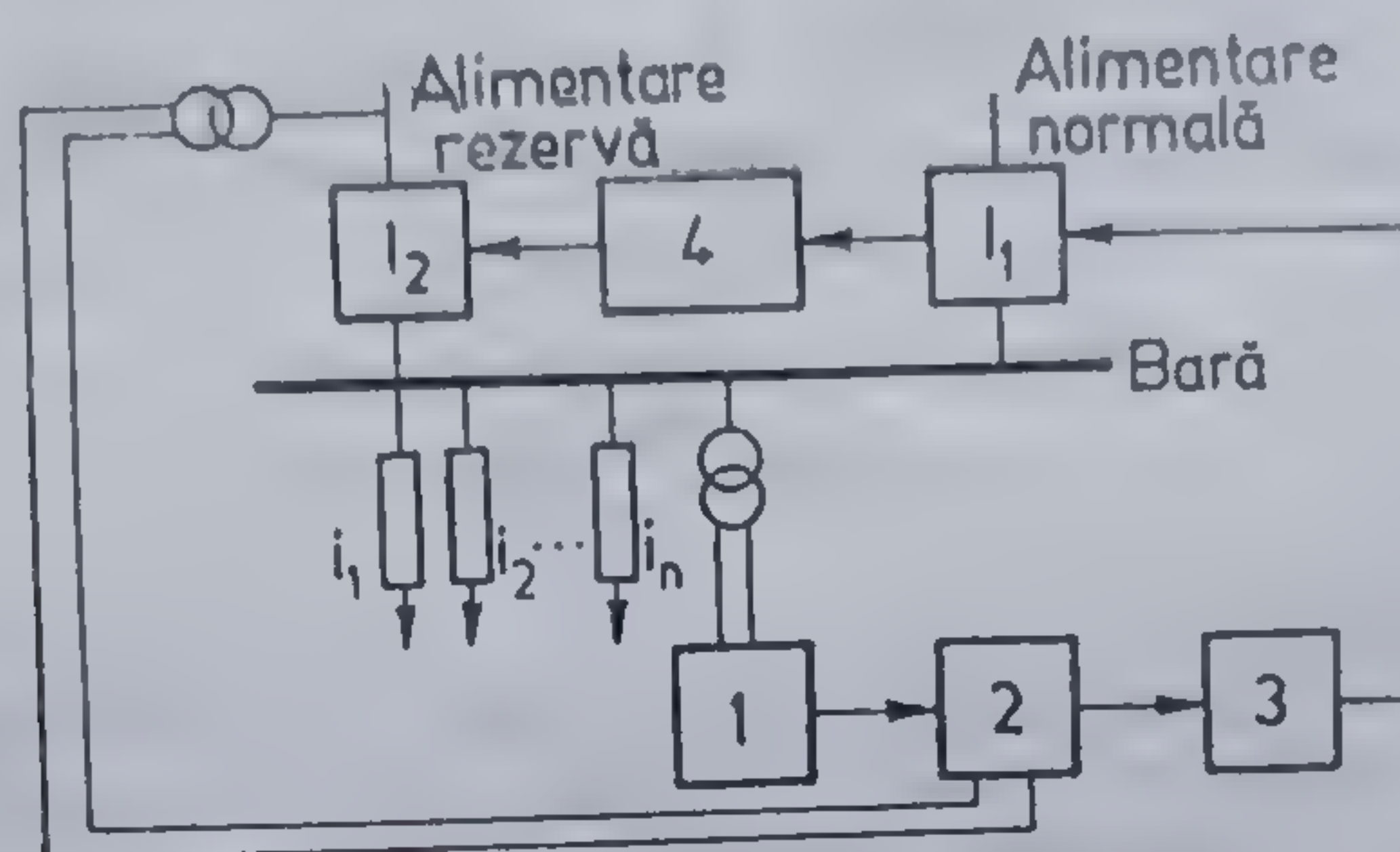


Fig. A.16. Schema de principiu a unui sistem AAR.

anticoincidență, funcție booleană, notată  $\oplus$ , întâlnită mai frecvent sub denumirea funcție sumă-modulo 2, ori SAU-EXCLUSIV, avînd pentru două variabile binare  $x, y$  expresia  $f = x \oplus y = \bar{x}y \cup x\bar{y}$  ( $\rightarrow$  funcție booleană).

aparat de măsurat, dispozitiv care stabilește o corespondență între mărimea de măsurat și o altă mărime ce poate fi percepută în mod nemijlocit de organele de simț umane, astfel încît permite determinarea sub formă numerică a valorii mărimii de măsurat în cadrul scării de măsurare adoptată. Structura tipică a unui a.de m. este reprezentată în fig. A.17. ES reprezintă elementul sensibil;

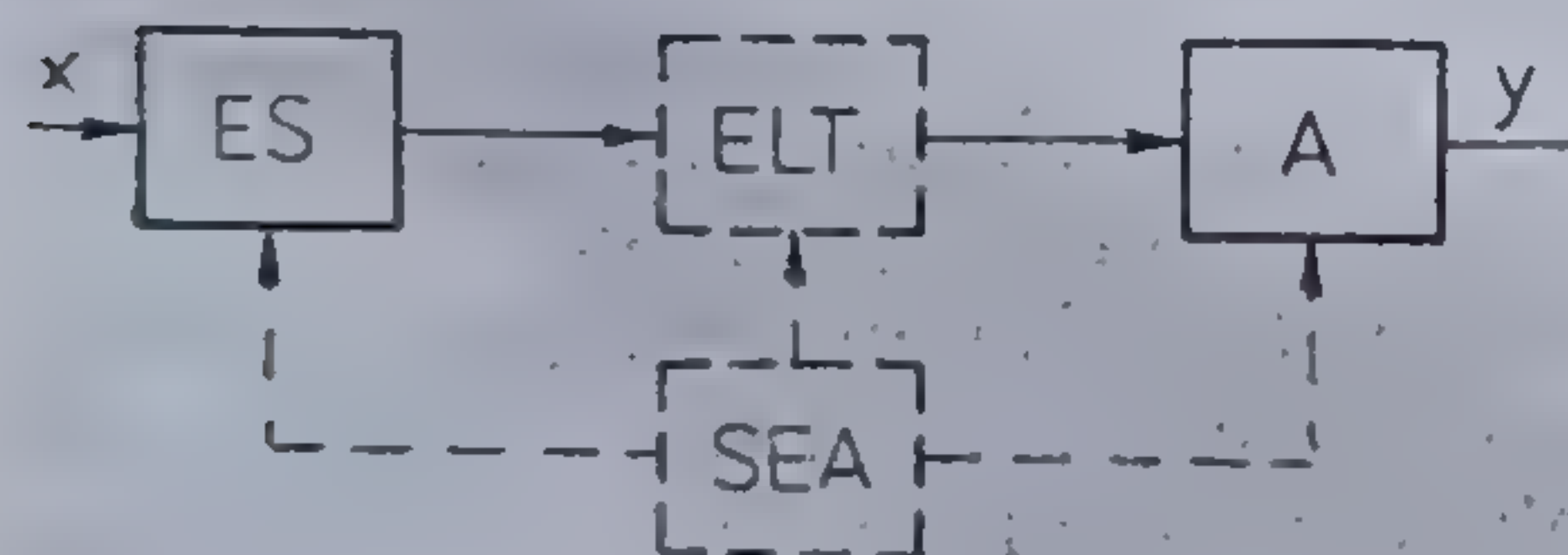


Fig. A.17. Structura tipică a unui aparat de măsurat.

ES — element sensibil; A — adaptor; ELT — elemente de legătură și transmisie; SEA — sursă de energie auxiliară;  $x$  — mărimea de măsurat;  $y$  — mărimea perceptibilă.

A — adaptorul; ELT — elemente de legătură și transmisie; SEA — sursa de energie auxiliară;  $X$  — mărimea de măsurat;  $Y$  — mărimea perceptibilă. Elementul sensibil sau detectorul ES este elementul esențial, specific pentru măsurarea unei anumite mărimi fizice și care are proprietatea de a detecta numai mărimea de măsurat, eliminînd sau reducînd la un minim acceptabil influența celorlalte mărimi din mediul în care se efectuează operația de măsurare. Elementul sensibil, potrivit unei relații de dependență, consecință a legilor fizice pe care se bazează funcționarea sa, furnizează la ieșire un semnal apt de a acționa asupra celorlalte elemente ale a. de m. Pentru generarea acestui semnal elementul sensibil preia o anumită energie de la însăși mărimea de măsurat sau de la sursa de energie auxiliară. Adaptorul — al doilea element important din structura a. de m. — primește semnalul dat de elementul sensibil, care poate fi de natură fizică variată, și îl convertește într-o mărime perceptibilă, astfel încît să permită sesizarea valorii măsurate de către operatorul uman (de ex., deplasarea unui ac indicator în fața unei scale gradate). În afara elementului sensibil și a adaptorului, care apar în structura oricărui a. de m., indiferent de complexitatea sa, particularitățile legate de aspecte tehnologice sau economice



impun necesitatea unor dispozitive auxiliare — elemente de legătură și transmisie  $ELT$  și sursa de energie auxiliară  $SEA$ . Elementele de legătură și transmisie capătă o pondere ce impune evidențierea lor separată, de ex., în acele cazuri când elementul sensibil nu poate fi plasat în aceeași unitate constructivă cu adaptorul. Ele realizează legături electrice, mecanice, optice etc. și adesea cuprind dispozitive de conversie a semnalului dat de elementul sensibil potrivit cerințelor canalelor de transmisie. Sursele de energie auxiliară sînt necesare îndeosebi pentru mărimile care nu au disponibilități energetice și nu permit funcționarea a.d.e.m. pe baza energiei proprii. Procesul de măsurare implică o serie de transformări energetice și, în astfel de cazuri, ele se realizează pe baza modulării de către mărimea de măsurat a unui semnal de putere furnizat de  $SEA$ . Există o mare varietate de a.d.e.m., ele fiind indispensabile în orice ramură de activitate. Ca urmare, se disting și numeroase modalități de clasificare în funcție de principiile constructive ale elementelor componente (mecanice, electrice, electronice, pneumatice, hidraulice, termice); modul de afișare a rezultatului măsurării (analogice, numerice); destinație și performanțe (de laborator, industriale); regimul de variație a mărimii de măsurat (indicatoare (pentru măsurări statice), înregistratoare (pentru măsurări dinamice); domeniile de aplicație (pentru mărimi mecanice, pentru mărimi electrice, pentru mărimi termice, pentru mărimi din procese chimice, pentru mărimi din procese biologice, pentru mărimi din procese radiante).

**aperiodic**, mod de variație în timp al unei mărimi care nu are conținut periodic. Răspunsul  $y(t)$  al unui sistem este a. dacă, plecînd din condiții inițiale nule, tinde strict monoton către valoarea de regim staționar  $y_{st}$ , sau are ce mult un extrem, neintersectîndu-și valoarea  $y_{st}$ , așa cum se arată în fig. A.18.

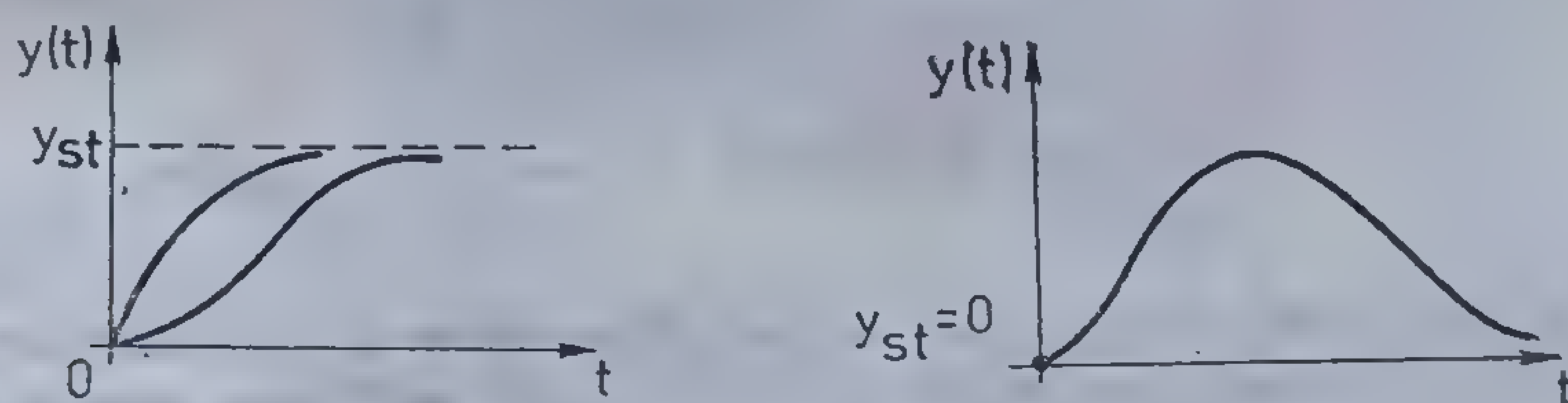


Fig. A.18. Răspunsuri aperiodice tipice.

Particularitatea esențială a acestui regim este absența oscilațiilor, adică se asociază soluțiilor unor ecuații diferențiale ale căror ecuații caracteristice au rădăcini reale. Se numește sistem (sau element de sistem) a. acel sistem (element) ce are răspuns (pondere sau indicial) a., adică este descris intrare-ieșire de o funcție de transfer cu poli reali.

**aproximare stocastică**, procedeu de aproximare reprezentînd varianta stocastică a metodei de gradient. A.s. constituie o procedură recursivă de optimizare bazată pe observații, perturbate în mod aleator, ale funcției criteriu și/ sau ale gradientului acestuia. În condiții generale, algoritmi de aproximare converg, cînd numărul de observații tinde la infinit, la un optim local al funcției criteriu. Viteza de convergență este puternic influențată de secvența utilizată pentru a controla lungimea pasului. A.s. are aplicații în numeroase domenii: sisteme adaptive, sisteme instruibile, recunoașterea formelor, identificarea și estimarea parametrilor sistemelor etc.

**arbore**, graf orientat fără cicluri,  $A = (V, L)$  cu  $V$  — mulțimea vîrfurilor (nodurilor) și  $L$  — mulțimea laturilor (arcelor), avînd proprietățile: există un singur vîrf inițial (numit și rădăcină) spre care nu este orientat nici un arc;



pentru orice vîrf  $i \in V$ , cu  $i \neq r$ , există un singur arc dirijat spre  $i$ ; orice vîrf diferit de  $r$  este accesibil din  $r$ . O cale între două vîrfuri  $i$  și  $j$  are o lungime egală cu numărul de vîrfuri prin care trece, mai puțin 1. Într-o cale de lungime  $l$ ,  $i$  este predecesorul lui  $j$ , respectiv  $j$  este succesorul (sau descendentul) lui  $i$ . Dacă  $l$  este lungimea căii celei mai lungi, atunci  $h = l + 1$  este înălțimea  $a$ . Un subarbore  $A' = (V', L')$  al lui  $A$  are proprietatea că  $V' \subseteq V$ ,  $V' \neq \emptyset$  și  $L' = V' \times V' \in L$ , iar orice vîrf din  $V - V'$  are proprietatea că nu admite nici un succesor în  $V'$ . Rădăcina unui subarbore domină subarborile respectiv. Ordinul unui vîrf din  $a$ . reprezintă numărul de arce care pleacă din vîrf, iar ordinul  $a$ . este ordinul maxim al unuia din vîrfurile sale. Nivelul unui vîrf este 0 pentru rădăcină și  $i + 1$  pentru descendenții direcți ai vîrfului de pe nivelul  $i$ . Un vîrf la care nu sînt conectați subarbori se numește terminal.  $A$ . binar este un  $a$ . ordonat de ordinul 2, la care fiecare vîrf are atașați cel mult doi subarbori.  $A$ . multistări este un  $a$ . de ordin superior lui 2. În fig. A.19 este reprezentat  $a$ . multistări de ordin 3.

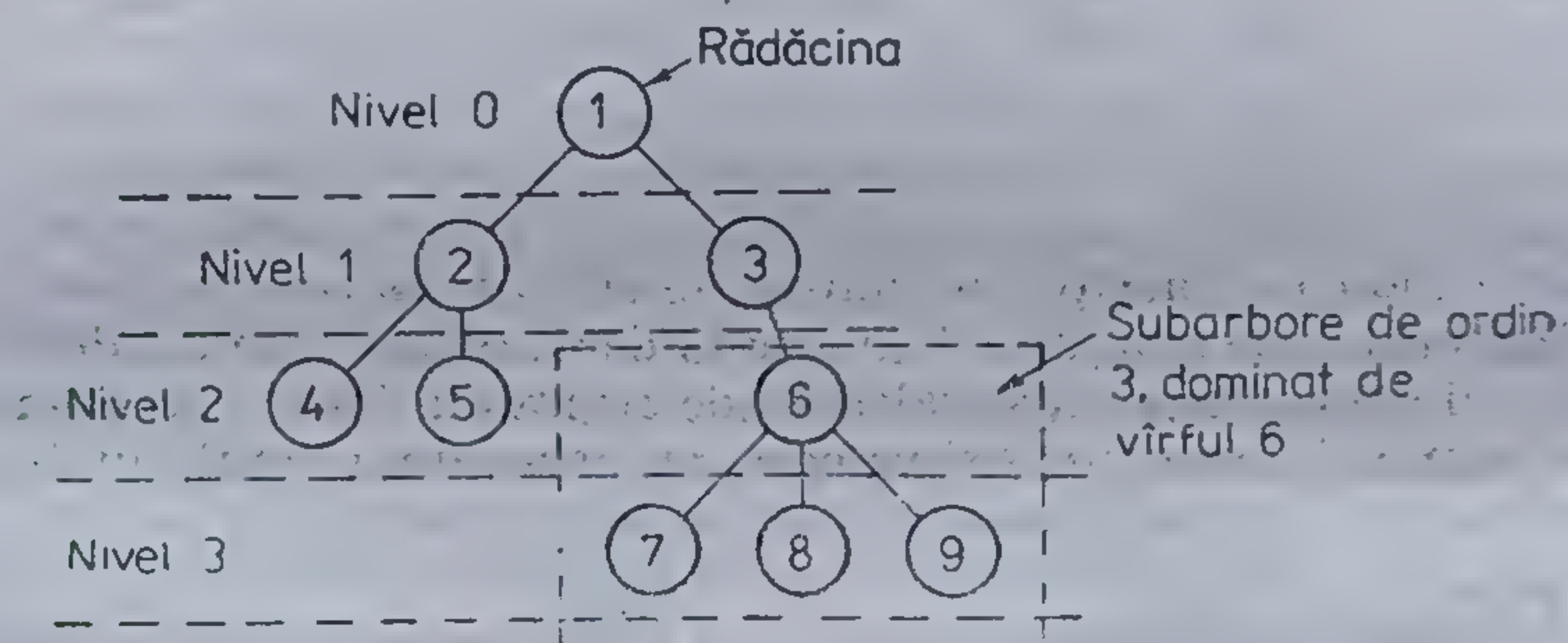


Fig. A.19. Arbore multistări de ordin 3; înălțime 4.

**arc** (într-un graf), element al mulțimii elementelor de legătură între vîrfurile (nodurile) unui  $\rightarrow$  graf. Pentru graful  $G = (V, A)$ , mulțimea arcelor este mulțimea  $U \subseteq V \times V$ , dată de  $U = \{v_1, v_2 \mid v_2 \in A(v_1)\}$ . În arcul  $(v_1, v_2)$ ,  $v_1$  este extremitatea inițială, iar  $v_2$  este extremitatea finală.

**asamblare automată**, procedeu tehnic prin care se înlocuiește operatorul uman în operația de asamblare, aceasta efectuîndu-se cu ajutorul unui robot. Utilizarea roboților în asamblare constituie un nivel superior de valorificare a posibilităților acestora, în raport cu simpla manipulare de obiecte sau de executare a unor operații simple, ca sudură și vopsire, solicitînd acele calități antropomorfe specifice unei operații de montaj: simț vizual, simț tactil, mobilitate. Un exemplu de  $a.a.$  îl constituie inserția unor bolturi în anumite găuri utilizînd algoritmi bazați pe senzori tactili. Procedura de asamblare se poate divide în 3 stadii: a) de apropiere, la care are loc poziționarea boltului deasupra găurii; b) de cîntare, în care boltul acționat printr-o articulație elastică, este centrat față de pereții găurii în limitele unui cîmp de toleranțe ce caracterizează forța de reacție pe axa de inserție ( $z$ ); c) de inserție, prin corectarea poziției prin deplasări în planul  $x - y$ , cu controlul permanent al menținerii forței de reacție  $F_z$  în limitele specificate. În concluzie, informația oferită de sistemul de măsurare trebuie să se refere la forța  $F_z$  pe axa de inserție și la deplasările pe axele  $x, y$ , după cum se poate constata și din schema de principiu a procedurii de asamblare prezentată în fig. A.20. Fig. A.21, conține reprezentarea bidimensională a operației de inserție cu precizarea principalelor



blocuri care contribuie la asamblare și legătura cu sistemul de conducere, a cărui unitate centrală de prelucrare preia prin multiplexare datele furnizate de sistemul de măsurare și, în baza algoritmului stabilit (conținut în memoria fixă ROM), furnizează prin decodificator comenzile necesare acționării organelor mobile pe diferite axe.

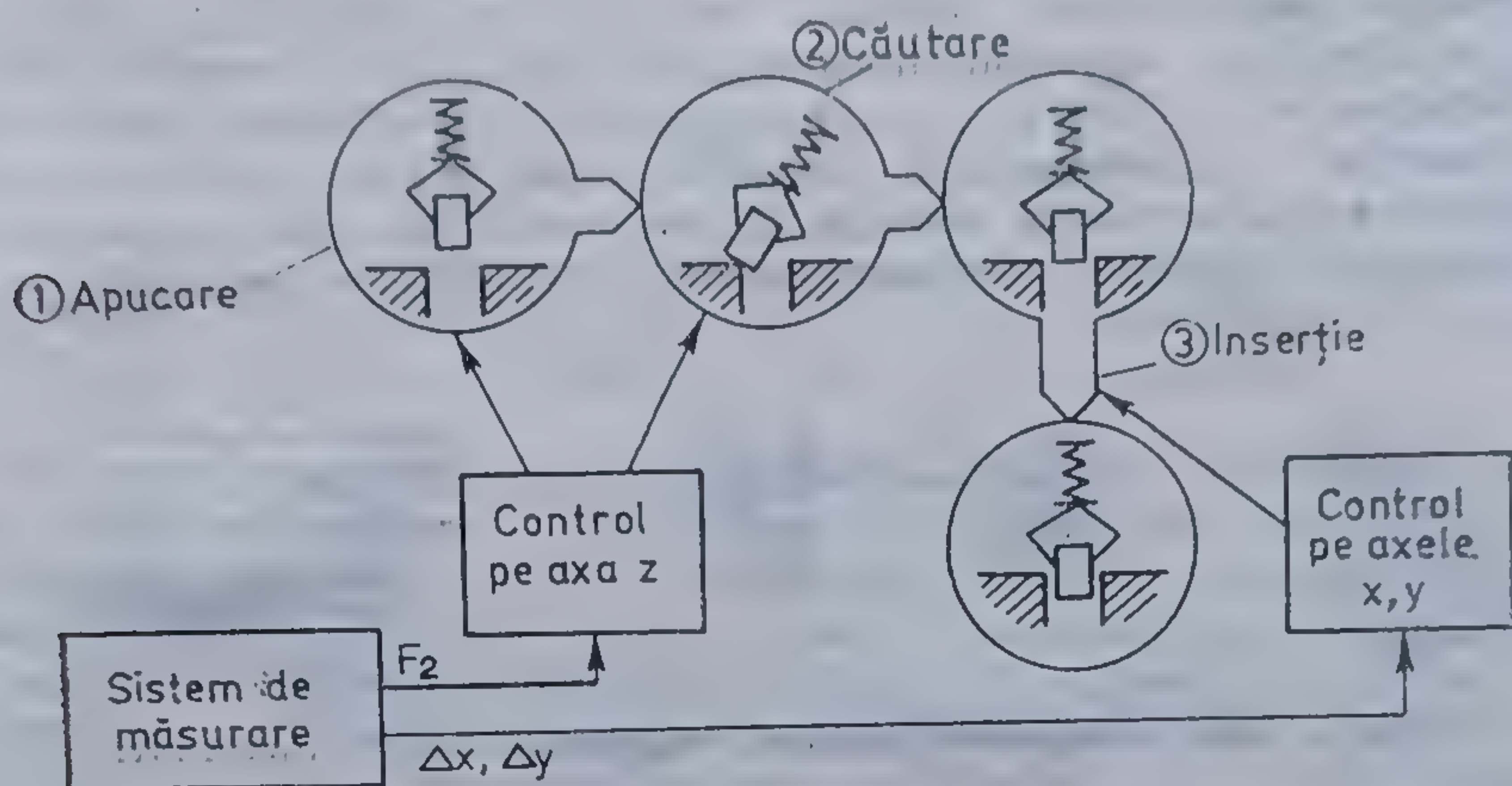


Fig. A.20. Schema de principiu pentru asamblare automată.

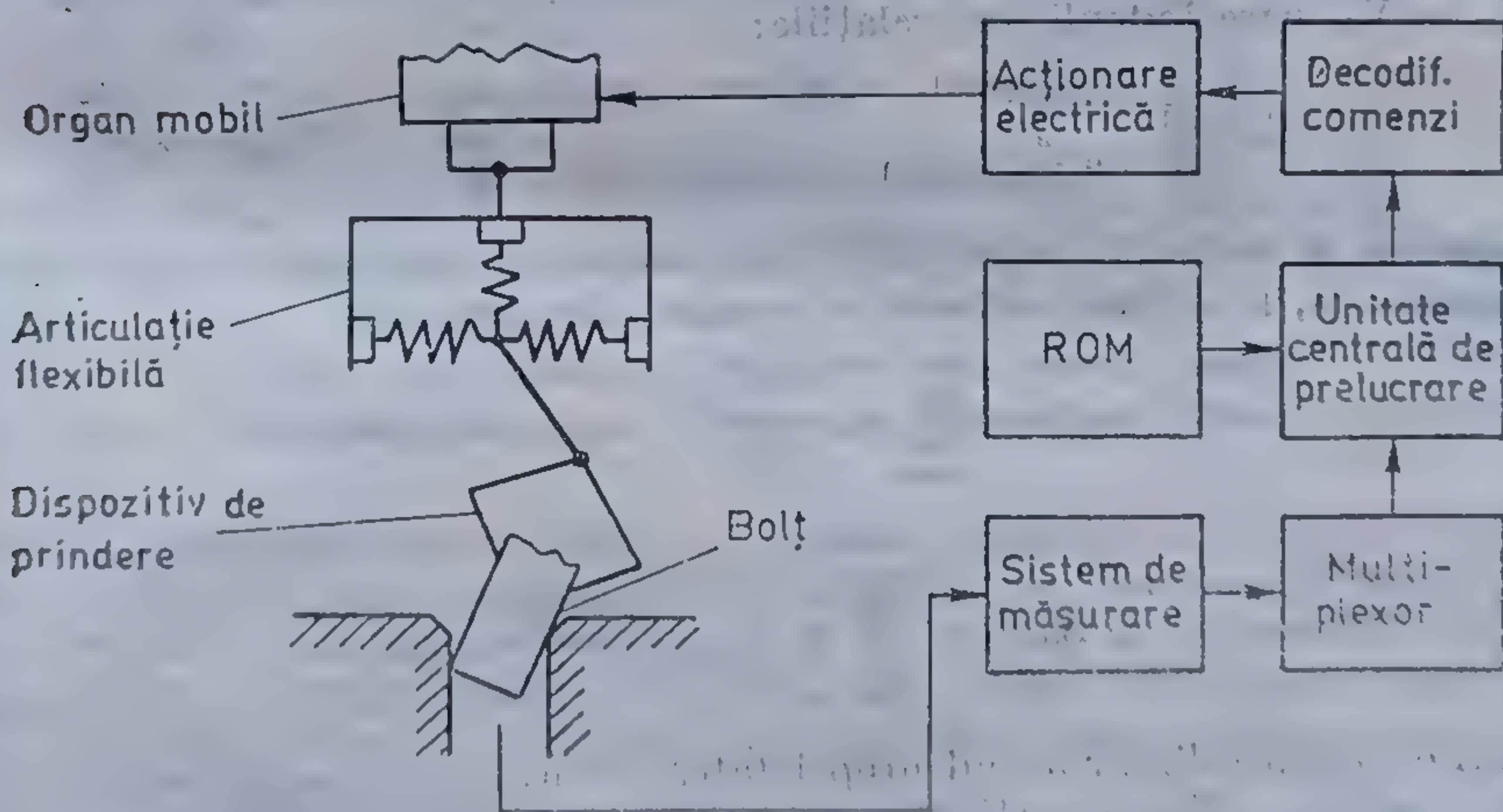


Fig. A.21. Structură echipamentului de asamblare automată.

asamblor, sistem de programe ce translatează un program scris în limbaj de asamblare în cod mașină. Deși limbajul de asamblare este foarte apropiat ca semantică de codul mașină, o traducere imediată nu este posibilă datorită numelor simbolice atribuite adreselor și datelor utilizate în program, nume simbolice care înlesnesc în mod însemnat scrierea de programe. De regulă, asamblarea se execută în două treceri: în prima se alcătulește tabela de simboluri și pe baza indicațiilor date de către programator acestora li se asociază valori absolute; în cea de-a doua trecere se generează codul mașină propriu-zis, editându-se în funcție de necesități listarea sau/și perforarea în format adecvat



a acestuia. În cazul sistemelor de conducere a proceselor, inutilitatea unor anumite tipuri de periferice, precum și cerințele legate de capacitatea memoriei, fac neviabilă economic dotarea acestora cu a. De aceea, elaborarea sistemului de programe destinate sistemului de conducere se face pe un mini- sau micro-calculator universal, în care caz a. se numește crosasamblor.

asignarea automatelor, operație prin care se atribuie variabilelor de intrare, de stare și de ieșire combinații de cod, astfel încât să permită alcătuirea de alfabet proprii de intrare și de ieșire, precum și specificarea stărilor elementelor cu memorie ale automatului. De regulă, a.a. se face cu variabile binare, care permit o implementare comodă cu elemente fizice. De ex.: pentru automatul dat prin diagrame o asignare posibilă este dată în fig. A.22.

$x_1$	01	$u_1$	0	$y_1$	0		$u_1$	$u_2$
$x_2$	10	$u_2$	1	$y_2$	1		$x_3/y_1$	$x_2/y_1$
$x_3$	11						$x_1/y_2$	$x_2/y_2$
							$x_3/y_2$	$x_1/y_2$

Fig. A.22. Diagrame pentru asignarea unui automat.

Dacă considerăm automatul inițial  $A_1 = (U_1, X_1, Y_1, \varphi_1, \eta_1)$  și automatul obținut prin asignare  $A_2 = (U_2, X_2, Y_2, \varphi_2, \eta_2)$ , atunci prin asignarea lui  $A_1$  în  $A_2$  înțelegem tripletul de funcții  $(h_x, h_u, h_y)$ ,  $h_x: S_1 \rightarrow S_2$ ;  $h_u: X_1 \rightarrow X_2$ ;  $h_y: Y_2 \rightarrow Y_1$ , care îndeplinesc relațiile:

$$\begin{aligned} \varphi_2(h_x(x), h_u(u)) &= h_x(\varphi_1(x, u)) \\ h_y(\eta_2(h_x(x), h_u(u))) &= \eta_1(x, u) \end{aligned}$$

astatism de ordin  $n$ , proprietate a unui sistem automat de a asigura eroare staționară nulă, la mărimi externe sistemului, descrise de

$$x_2(t) = \sum_{i=0}^{n-1} e_i \frac{t^i}{i!}; \quad e_{n-1} \neq 0$$

adică

$$X_2(s) = \sum_{i=0}^{n-1} e_i \frac{1}{s^{i+1}} = \frac{R_2(s)}{s^n}$$

Sistemul de reglare liniar avînd proprietatea de a. de o.  $n$  se va numi sistem astatic de ordin  $n$ . Cazul particular  $e_{st} \neq 0$  pentru  $n = 1$  se numește astatism de ordin zero (statism), respectiv sistemul este astatic de ordin zero (sistem static). Pentru ca sistemul automat liniar stabil să fie a. de o.  $n$  în raport cu mărimea de referință de tipul considerat

$$Y_r(s) = \frac{R_r(s)}{s^n}$$

este necesar și suficient ca funcția de transfer a căii directe să conțină  $n$  poli în origine, deci să fie de tipul

$$H(s) = \frac{H_1(s)}{s^n}; \quad H_1(0) \neq 0$$



Pentru ca proprietatea să se păstreze și față de mărimile de tip perturbație, ce acționează asupra părții fixate, trebuie ca cei  $n$  poli din origine să se afle situați între comparatorul sistemului și punctul de aplicare a perturbației. Cazul cel mai defavorabil fiind al perturbației aplicate pe mărimea de comandă, înseamnă că, pentru toate mărimile externe de tipul prezentat, sistemul automat este a. de o.n dacă și numai dacă

$$H_R(s) = \frac{G_R(s)}{s^n}, \quad G_R(0) \neq 0$$

adică regulatorul automat conține  $n$  poli în origine nesimplificabili cu zerourile părții fixate. Se spune că regulatorul are inclus în structura sa un „model intern”.

atenuator, dispozitiv cu ajutorul căruia se obține o reducere a intensității sau a puterii asociate unei mărimi fizice. A. sînt utilizate frecvent ca element de intrare în aparatura electrică și electronică avînd ca mărime de intrare o tensiune electrică. Cel mai simplu a. se realizează cu un divizor rezistiv, de ex., un montaj potențiometric (fig. A.23, a). A. cu rezistență (impedanță) de intrare și de ieșire constantă se bazează pe scheme de tipul celei prezentate în fig. A.23, b, în care trei potențiometre identice  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  sînt acționate si-

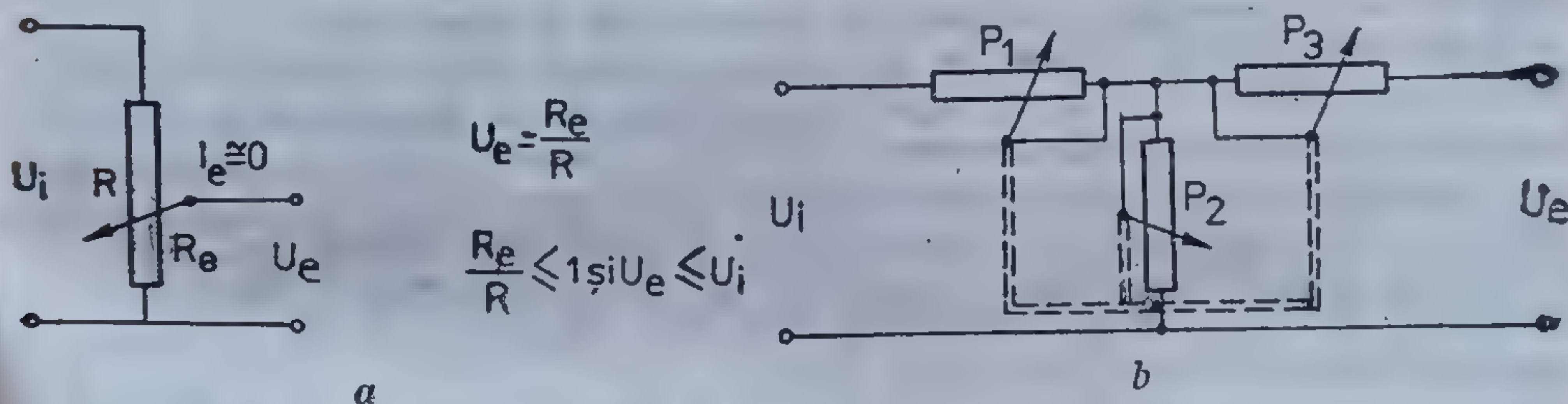


Fig. A.23. Scheme electrice de atenuatoare:

a — montaj potențiometric simplu; b — montaj cu impedanțe de intrare și ieșire constante.

multan, astfel încît atît rezistența de intrare rezultată din inserierea potențio-  
metrelor  $P_1$  și  $P_2$ , cît și cea de ieșire determinată din inserierea potențio-  
metrelor  $P_2$  și  $P_3$  rămîn constante, variațiile  $P_1$  și  $P_3$  fiind în sens crescător atunci cînd  
 $P_2$  descrește, și invers. Pentru atenuarea semnalelor variabile în timp se utili-  
zează o compensare în frecvență care realizează aceeași atenuare pentru o  
bandă largă de frecvențe.

autocorelație, operație prin intermediul căreia se poate exprima dependența  
între valorile unui proces aleator  $x(t)$ , la două momente distincte de timp  
 $t_1$  și  $t_2$ . Funcția de a. se exprimă sub forma

$$R_{xx}(t_1, t_2) = M[x(t_1)x(t_2)]$$

unde  $M$  reprezintă operatorul de mediere pe ansamblul realizărilor procesului  
aleator. Dacă  $p(x_1, t_1, x_2, t_2)$  este funcția de densitate de repartiție de pro-  
babilitate de ordinul II a procesului aleator  $x(t)$  atunci

$$R_{xx}(t_1, t_2) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} x_1 x_2 p(x_1, t_1, x_2, t_2) dx_1 dx_2$$



## AUTOMAT

Pentru procese aleatoare staționare (în sens larg) funcția de a. depinde numai de diferența argumentelor  $t_1$  și  $t_2$

$$R_{xx}(t_1, t_2) = R_{xx}(\tau)$$

unde  $\tau = t_2 - t_1$ .

În cazul proceselor aleatoare ergodice, funcția de a. poate fi obținută pe baza unei singure realizări a procesului aleator

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} x(t) x(t+\tau) dt$$

Determinarea practică a funcției de a. se efectuează pe durata finită  $T$ , suficient de lungă pentru a asigura condiția de staționaritate a procesului aleator  $x(t)$ . De asemenea, se procedează la discretizarea integralei, astfel încât relația efectivă de calcul este

$$R_{xx}(k\Delta) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x(i\Delta) x(i\Delta + k\Delta)$$

unde  $\Delta$  este intervalul de eșantionare care se alege în conformitate cu teorema lui Shannon și  $N\Delta = T$ . Funcția de a. este utilizată pentru detectarea semnalelor deterministe în prezența zgomotelor (aleatoare), determinarea caracteristicilor de frecvență ale proceselor aleatoare, identificarea proceselor etc.

Un automat, sistem caracterizat printr-un cvintuplu  $\Lambda = (U, X, Y, \varphi, \eta)$ , unde:  $U$  este mulțimea finită a intrărilor;  $X$  mulțimea stărilor (nu neapărat finită);  $Y$  — mulțimea finită a ieșirilor;  $\varphi: X \times U \rightarrow \mathcal{P}(x)$  — funcția tranzițiilor;  $\eta: X \times U \rightarrow \mathcal{P}(y)$  este funcția de ieșire a automatului;  $\mathcal{P}(x)$ ,  $\mathcal{P}(y)$  sint mulțimile tuturor funcțiilor de stare, respectiv ieșire. Un a. poate fi reprezentat prin structura din fig. A.24. Comportarea în timp a unui a. se descrie ca o

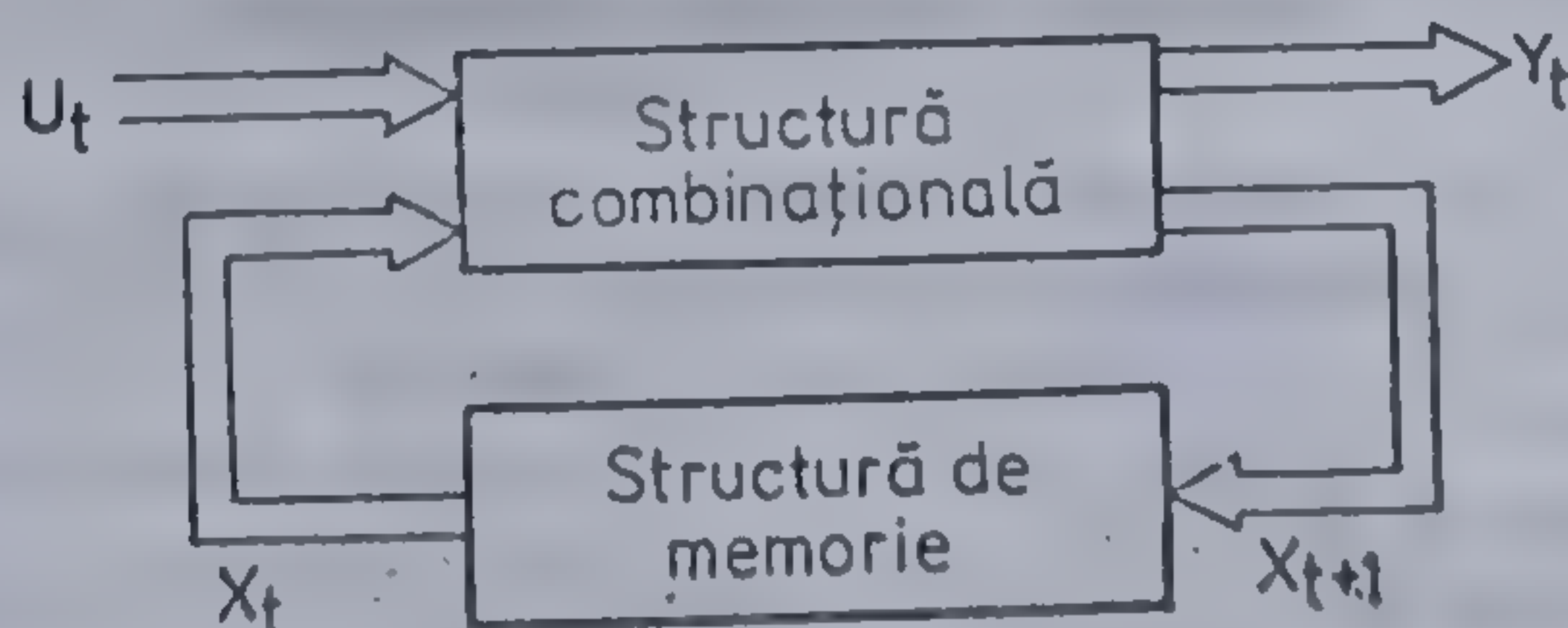


Fig. A.24. Structura unui automat.

succesiune de evenimente ce apar la momente discrete de timp, și de aceea variabila timp cu evoluție continuă crescătoare se transformă într-o variabilă discretă, care crește în valoare cu 1 la fiecare schimbare a stării automatului, definită prin:

$$x_{t+1} = \varphi(u_t, x_t), \quad t \in \mathbb{Z}$$

După felul în care se exprimă funcția de ieșire, se definesc două modele de a. și anume: a. de tip Mealy, pentru care

$$y_{t+1} = \eta(u_t, x_t)$$



și  $a$ . de tip Moore la care

$$y_t = \eta(x_t)$$

Dacă pentru orice  $x \in X$ ,  $u \in U$ ,  $\text{Card } \varphi(x, u) = 1$ ,  $a$ . este  $X$ -determinist, iar dacă  $\text{Card } \eta(x, u) = 1$ ,  $a$ . este  $Y$ -determinist. Un  $a$ .  $X$ -determinist și  $Y$ -determinist se numește  $a$ . determinist. Deoarece evoluția unui  $a$ . se face la valori discrete ale timpului (secvențe), se mai utilizează pentru  $a$ -l denumiți noțiunea de schemă secvențială, mașină secvențială sau numai mașină. Se definesc următoarele tipuri particulare de  $a$ .:

—  $A$ . *aditiv*,  $a$ . echivalent cu un  $a$ . finit la care clasele de stări echivalente sînt în număr finit ( $\rightarrow$  stări echivalente ale automatului).

—  $A$ . *autonom*,  $a$ . pentru care alfabetul de intrare conține un singur simbol, comportarea sa fiind independentă de intrare. Se mai numește orologiu sau ceas.

—  $A$ . *cît* al  $a$ .  $A$  față de relația de congruență  $\mathcal{C}$ ,  $a$ .

$A/\mathcal{C} = [U, X/\mathcal{C}, Y, \varphi_{\mathcal{C}}, \eta_{\mathcal{C}}]$  unde  $X/\mathcal{C}$  este mulțimea claselor de echivalență prin relația  $\mathcal{C}$ , notată cu  $[x]$ ,  $\varphi_{\mathcal{C}}([x], u) = \{[x'] | x' = \varphi(x, u)\}$ , iar  $\eta_{\mathcal{C}}([x], u) = \{y | y = \eta(x, u)\}$ .

—  $A$ . *conex* de o stare  $x_0$ ,  $a$ .  $A$  cu proprietatea  $A(x_0) = A$ , adică orice stare a lui  $A$  este accesibilă din starea inițială  $x_0$ .

—  $A$ . *cu restricție*, sextuplul  $A = (U, r, X, Y, \varphi, \eta)$ , unde  $r \subseteq X \times U$  este relația de restricție,  $\varphi: r^c \rightarrow X$ ,  $\eta: r^c \rightarrow Y$ , iar  $r^c$  este complementara relației de restricție sau relația de admisibilitate.

—  $A$ . *cu revenire identică*,  $a$ . la care funcția de tranziție a stărilor este fie o aplicație identică, fie o aplicație constantă, iar ieșirea  $a$ . este însăși starea.

—  $A$ . *dual*, un  $a$ .  $A^*$  este *dualul*  $a$ .  $A$  dacă este o restricție a  $a$ .  $A$  la stările accesibile din cel puțin una din stările  $a$ .  $A$ . Dacă  $a$ . dual  $A^*$  are același număr de stări ca  $a$ .  $A$  se numește reversibil.

—  $A$ . *finit*,  $a$ . la care mulțimea stărilor este finită.

—  $A$ . *infini*,  $a$ . la care mulțimea stărilor este infinită. Deși o mașină secvențială avînd mulțimea stărilor sau un alfabet infinite nu există în realitate, o asemenea mașină poate fi considerată o limită către care tind mașinile de calcul moderne, în care cantitatea de elemente constitutive să nu fie limitată.

—  $A$ . *inițial*,  $\rightarrow$  evenimentul punerii în funcțiune a unui automat.

—  $A$ . *Moore imediat*,  $a$ . Moore la care  $y_t = \eta(x_{t+1})$ , spre deosebire de  $a$ . Moore (cu întârziere) la care  $y_t = \eta(x_t)$ .

—  $A$ . *neinițial*,  $\rightarrow$  evenimentul punerii în funcțiune a unui automat.

—  $A$ . *reduc*,  $a$ . care nu are stări distincte echivalente, adică fiecare aplicație ieșire-intrare corespunde cel mult unei singure stări inițiale.

—  $A$ . *slab inițial*,  $\rightarrow$  evenimentul punerii în funcțiune a unui automat.

—  $A$ . *Starke*, cvadruplul  $(U, X, Y, k)$  la care  $U, X, Y$  sînt definite ca la  $a$ . de tip Mealy, iar  $k: X \times U \rightarrow \mathcal{P}(Y \times X)$ .

—  $A$ . *tare conex*,  $a$ . la care orice stare din  $X$  este accesibilă din oricare altă stare a lui  $X$ . Un  $a$ . tare conex este reversibil.

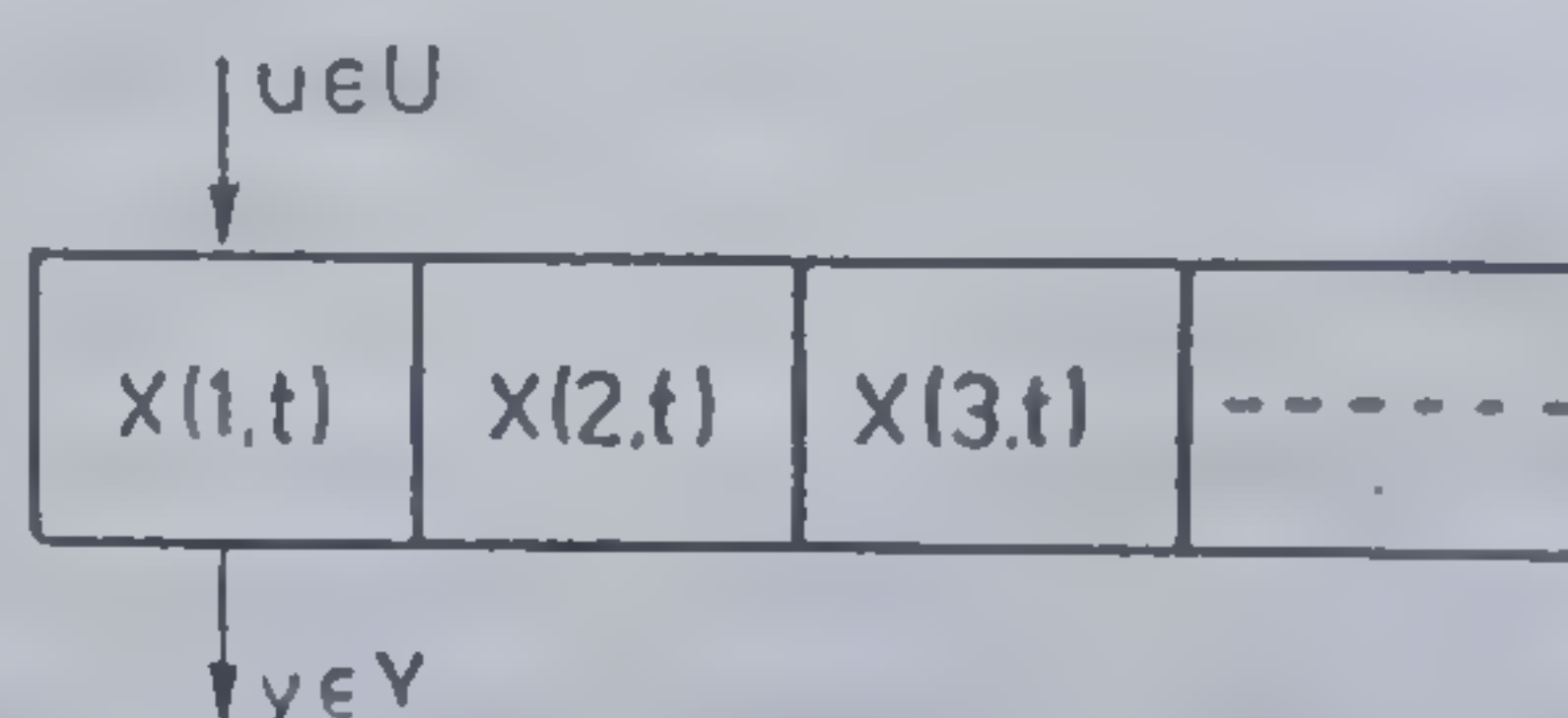
—  $A$ . *tare reduc*,  $a$ . determinist reduc.

—  $A$ . *unidimensional al lui Neumann*, model de  $a$ . determinist finit alcătuit dintr-un lanț de celule numerotate nemărginit la dreapta, prin celule asigurîndu-se comunicația cu mediul pe un canal de intrare la care se aplică simbolurile din alfabetul de intrare și un canal de ieșire care generează simboluri din alfabetul de ieșire (fig. A: 25).



Două a.  $A$ ,  $A'$  sînt asociate dacă  $A$  simulează  $A'$   i  $A'$  simulează  $A$  ( $\rightarrow$  simularea automatelor). Două a.  $A$ ,  $A'$  sînt echivalente dacă fiecărei stări  $x$  a lui  $A$  i corespunde o stare echivalentă  $x'$  a lui  $A'$   i reciproc ( $\rightarrow$  stări echivalente ale automatelor).

Fig. A.25. Modelul automatului Neumann.



automat pentru v nzare cu monezi, dispozitiv de automatizare discretă, de tip automat secvențial, ce realizează v nzarea automată a produselor preambalate. Funcțiile automatului sînt: recuno sterea tipurilor de monezi introduse, contorizarea monezilor, eliberarea produsului la totalizarea sumei necesare, înapoierea restului c nd monezile introduse dep  esc suma necesară  i înapoierea monezilor la cerere, înainte ca suma necesară să fi fost completată.

automat programabil, automat finit multivariabil la care seturile  $U$ ,  $X$ ,  $Y$  de intrări acceptate, stări interne  i ieșiri emise sînt legate între ele prin funcțiile de tranziție a stărilor  $\varphi$   i a ieșirilor  $\eta$ , conform rela iilor de discretizare în timp:

$$x_{k+1} = \varphi(x_k, u_k)$$

$$y_k = \eta(x_k, u_k)$$

Aceste dependen e sînt implementate în logică programată cu ajutorul unor memorii fixe de tip ROM. Funcțiile de bază ale unui a.p. sînt cele ale unui procesor numeric: achiziție a unui număr de intrări numerice (de un bit) din proces; prelucrarea acestor semnale conform unor funcții logice de tip combinațional  i/sau secvențial; validarea ieșirilor către proces, direct sau temporizat, în mod continuu sau sub formă de tren de impulsuri. Spre deosebire de mini- i microcalculatoarele utilizate în conducerea proceselor industriale, a.p. au dezvoltate sec iunile de achiziție de informație (din proces)  i de emisie de comenzi (către proces), pentru un număr de canale  $I/E$  de până la 1024/1024, secțiunea de prelucrare aritmetică fiind redusă. Intrările  i ieșirile a.p. sînt de tip tot sau nimic. Exemple de intrări acceptate: stări ale contactelor releelor de curent continuu  i de curent alternativ, stări ale comenzilor operatorului, date prin taste cu revenire  i cu blocare, comutatoare basculante, stări ale unor traductoare cu caracteristică discretă, limitatoare de cursă, presostate, semnale de la traductoare numerice de tip incremental,  .a. Exemple de ieșiri comandate de a.p.: semnale de anclan are/declan are ale unor relee, contactoare, semnale de reversare de sens  i fr nare pentru rota ia motoarelor, semnale sub formă de tren de impulsuri pentru comanda elementelor de execuție pas cu pas,  .a. Principalele domenii de aplicabilitate pentru a.p. sînt sisteme de comandă convențională a mașinilor unelte, sisteme de comandă a manipulatorilor  i robo ilor pentru linii de asamblare, sisteme de conducere automată a centralelor termice, sisteme de control al traficului, interfe e în sisteme de calcul (de ex., calculator — periferice). După modelul de organizare hardware, există două clase de a.p.: a.p. algoritmice  i a.p. cu prelucrare de bit.  n prezent există tendin a cuplării a.p. cu prelucrare de bit cu configurații de tip microcalculator specializat, cu prelucrarea de cuv nt (4 sau 8 biți).



automat programabil algoritmic, automat programabil bazat pe implementarea cu ajutorul memoriilor ROM a mașinilor algoritmice de stare (ASM), și care este dedicat exclusiv construcției programate a schemelor și dispozitivelor cu funcționare secvențială. Organizarea hardware a unui a.p.a. de clasă  $n$  este dată în fig. A.26. În această reprezentare, generarea noii stări  $x_{k+1} = \varphi(x_k, u_k)$  se realizează astfel: dependența  $\varphi(., u_k)$  se obține prin înscris-

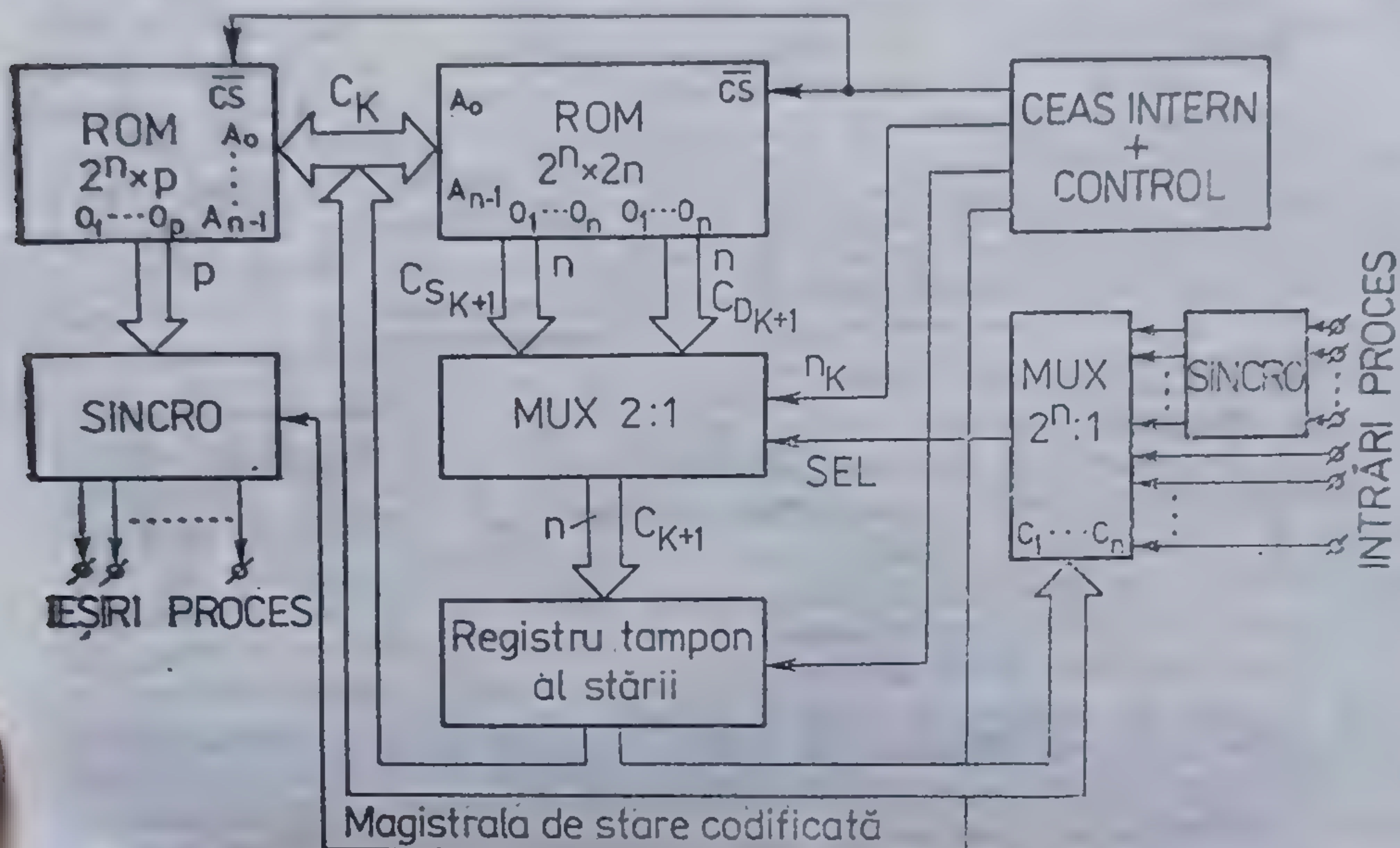


Fig. A.26. Organizarea hardware a unui automat programabil algoritmic de clasă  $n$ .

rea în memoria ROM, la locația cu adresa dată de codul  $C_k$ , asociat stării curente  $x_k^s$ , a codurilor  $C_{S_{k+1}}$ ,  $C_{D_{k+1}}$  asociate celor (maximum) două stări viitoare posibile:  $X_{S_{k+1}}$ ,  $X_{D_{k+1}}$ , dependența  $\varphi(x_k, .)$  se obține prin multiplexarea codurilor  $C_{S_{k+1}}$ ,  $C_{D_{k+1}}$  cu intrarea acceptată,  $u_k$ . Generarea sincronă, prin funcția  $\tau$ , a celor  $p$  componente ale vectorului de ieșire  $y_k$  se obține prin adresarea, pe aceeași magistrală de stare codificată  $C_k$ , a unei memorii ROM de ieșire. A.p.a. sînt utilizate ca secvențiatoare rapide, ca interfețe de comunicație între calculatoare și periferice, pentru generarea rapidă a unor funcții aritmetice speciale (sin, cos, lg, sin integral etc.).

automat programabil cu prelucrare de bit, automat programabil al cărui dispozitiv central de prelucrare a informației este organizat după principiul clasic al unei unități centrale de tip microcalculator, și la care magistrala de date are lungimea de 1 bit. O astfel de structură conține următoarele blocuri de bază (fig. A.27):

a) dispozitivul central de prelucrare a informației, compus din: unitate centrală, memorie program și de date, modul de temporizare și interfețele  $I$  (multiplexare)/ $E$  (demultiplexare); b) blocul cu module  $I/E$ , care asigură cuplarea cu procesul, separarea galvanică a canalelor  $I/E$ , rejectarea parazitilor determinați de surse electrice și mecanice, cît și amplificarea semnalelor de ieșire; c) consola aparatului, prin care acesta configurează sistemul de conducere și stabilește regimul de funcționare. Generarea noii stări și a vectorului



ieșirilor (prin funcțiile  $\varphi$  și  $\eta$ ) se realizează prin executarea ciclică, de către unitatea centrală a automatului, a instrucțiunilor înscrise în memoria program. Un ciclu instrucțiune al unui a.p. cu p. de b. conține fazele de extragere a instrucțiunii (fetch), decodificare și execuție a uneia din următoarele clase de operații: transfer de tip *I/E* sau *RAM*, salt, calcul logic, indexare a timpului parametru și lucru cu ceas de timp real. Unitățile centrale ale automatului

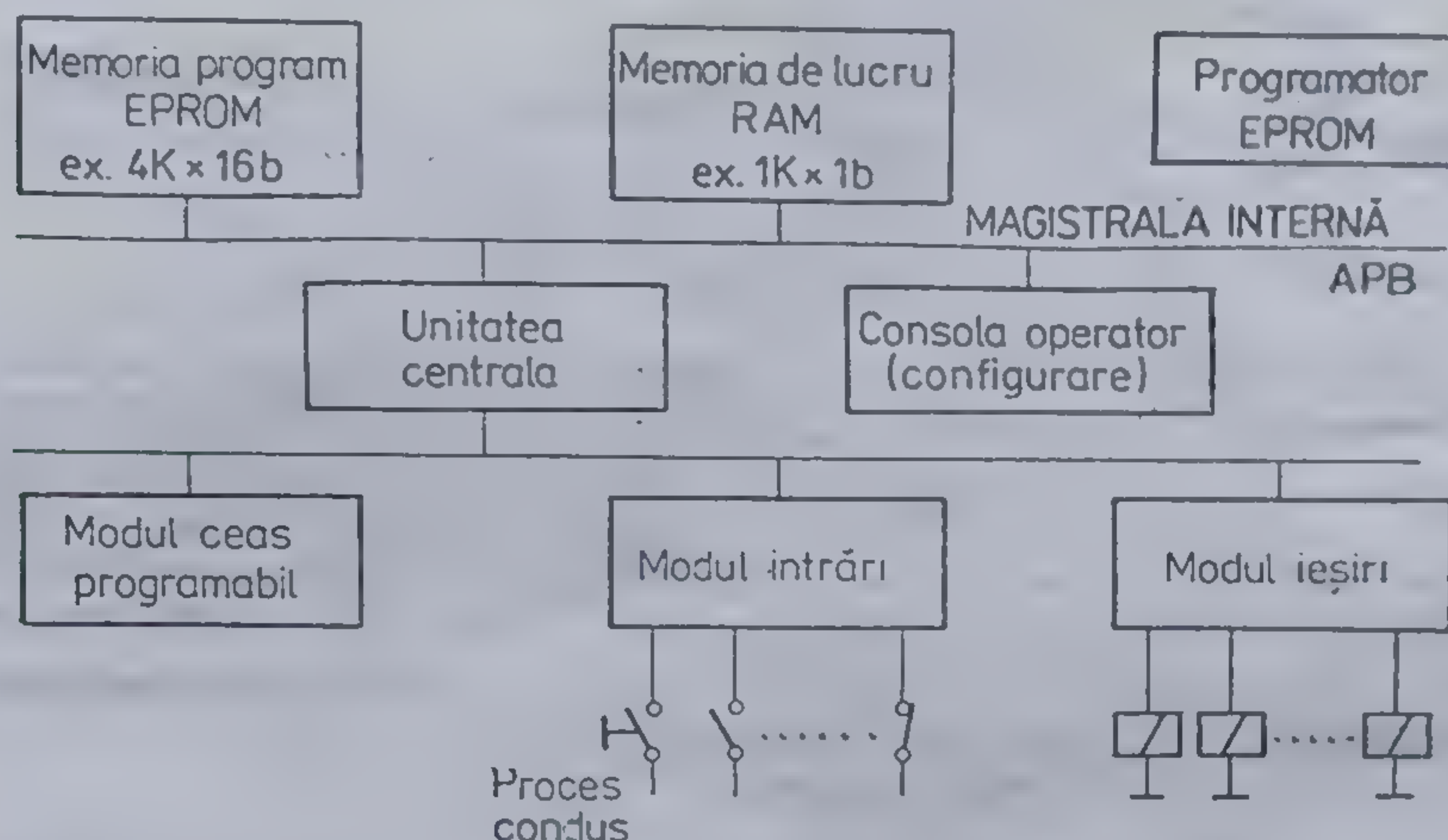


Fig. A.27. Configurația de bază a unui automat programabil cu prelucrare de bit.

lui pot fi executate cu componente discrete, integrate pe scară mică și medie, sau cu componente specializate, integrate pe scară largă (de ex., *MC 14500 B*). Caracteristici tehnice uzuale ale automatului cu unitate centrală construită cu componente discrete: durata ciclului/instrucțiune  $0,25-2,5 \mu s$ ; capacitatea memoriei program (*EPROM*)  $4K \times 16b$ ; zona *RAM* de lucru  $1K \times 1b$ , susținută prin baterie; număr intrări/ieșiri  $1024/1024$ ; temporizări programabile în gama  $4 ms-18 h$ , cu precizie de  $4 ms$  și  $1 s$ ; interfață de achiziție de intrări de tip *TTL*-nivel și tren de impulsuri, comenzi de la tastatură, stări contacte relee de curent continuu și curent alternativ; interfață de comandă a ieșirilor de tip: releu de curent continuu, de curent alternativ, tranzistoare de putere, tiristoare, triacuri, semnale *TTL*, afișări zecimale și hexazecimale, numărare de impulsuri, încărcări și deplasări de registre, ș.a.

automatică, parte a științelor tehnice care încadrează teoria și practica realizării constructive a sistemelor de conducere, destinate eliminării intervenției umane în elaborarea deciziilor directe privind funcționarea proceselor industriale. Pentru studierea proceselor supuse conducerii a. operează cu conceptul de  $\rightarrow$  sistem automat. În acest sens a. cuprinde ca parte esențială analiza sistemelor automate. Problematika de bază a analizei sistemelor automate (formulată pentru cazul mai restrâns, dar mai frecvent întâlnit în aplicațiile tehnice) o constituie definirea indicilor sintetici de calitate prin intermediul cărora se pot exprima performanțele referitoare la comportarea acestora în regim dinamic și în regim staționar. În cadrul analizei sistemelor automate sînt dezvoltate metode specifice de evaluare a performanțelor de regim dinamic prin utilizarea răspunsului la anumite tipuri de mărimi de intrare, proceduri de apreciere a stabilității, precum și metode de calcul a unor performanțe de regim staționar care vizează în special erorile. Efectuarea analizei sistemelor



automate necesită reprezentarea sistemică a proceselor, care se obține prin operația de  $\rightarrow$  **identificare**. Concluziile obținute din analiză reprezintă punctul de plecare pentru sinteza sistemelor automate, parte a a., cu următorul conținut de probleme: determinarea de structuri raționale care să încadreze  $\rightarrow$  **partea fixată** a sistemului automat pentru realizarea dezideratelor de conducere; **determinarea funcționalității** elementelor introduse în aceste structuri, astfel încât mărimea de ieșire să îndeplinească anumite performanțe dorite; **elaborarea principiilor de construcție** a dispozitivelor de conducere. Structurile primare, utilizate în cadrul a., pentru conducere, sînt:

— **structura deschisă** (serie) apărută încă din sec. 18 la mașini-unelte de prelucrare prin copiere; această structură poate fi aplicată numai la acele procese la care efectul  $\rightarrow$  **perturbațiilor** asupra mărimilor de ieșire este nesemnificativ sau, perturbațiile principale fiind măsurabile, se poate introduce o compensare directă a acestora; structura serie nu poate fi aplicată în cazul proceselor cu  $\rightarrow$  **instabilitate structurală**;

— **structura cu reacție** (în circuit închis  $\rightarrow$  sistem automat) este structura de bază în conducerea automată. Această structură permite  $\rightarrow$  **rejecția perturbațiilor** asupra mării de ieșire, urmărirea mărimilor de referință (a programului de conducere), asigurarea de performanțe dorite pentru mărimea de ieșire în prezența perturbațiilor, o desensibilizare a sistemului la variația parametrilor acestuia și, în sfîrșit, poate să stabilizeze sisteme instabile structural. În cazuri particulare, structura de conducere poate să fie mai complexă, dar din punct de vedere teoretic ea se reduce la cele două structuri enunțate. Sinteza sistemelor și-a dezvoltat o serie întreagă de metode de sinteză: metode bazate pe ecuațiile funcționale intrare-ieșire, scrise în domeniul timp, aplicabile numai în cazul sistemelor simple; metode de frecvență ce permit rezolvarea problemelor de sinteză în cazul sistemelor liniare oricît de complicate; metode bazate pe conceptul de stare ce permit sinteza analitică a regulatorului pe baza alocării polilor sistemului automat; metode de sinteză exactă pe baza teoriei matricilor polinomiale. O dezvoltare interesantă o reprezintă teoria sistemelor optime din punct de vedere al unui criteriu de optim ( $\rightarrow$  **optimizare staționară**,  $\rightarrow$  **optimizare dinamică**), precum și a sistemelor adaptive pentru cazul acelor procese la care, datorită caracterului neliniar al comportării lor, parametrii variază în game largi. Contribuții esențiale la dezvoltarea teoriei sistemelor reprezintă: condițiile necesare și suficiente de  $\rightarrow$  **stabilitate** (asimptotică) a mișcării sistemelor neliniare, formulate de Liapunov, conceptul de  $\rightarrow$  **stabilitate absolută** și  $\rightarrow$  **hiperstabilitate**. Realizarea scopurilor practice ale a. este condiționată de participarea a numeroase ramuri tehnice cum ar fi: electronică, microelectronica, dispozitive de calcul numeric și analogic, construcția de  $\rightarrow$  **elemente de execuție** (electrice, hidraulice, pneumatice, electrohidraulice, electropneumatice), precum și de construcția de  $\rightarrow$  **traductoare** pentru o gamă largă de parametri tehnologici. În prezent dezvoltarea puternică pe care a înregistrat-o tehnologia electronică și de microelectronica și care a condus la realizarea pe scară largă a microprocesoarelor, ca elemente esențiale pentru realizarea micro- și minicalculatoarelor cu putere mare de prelucrare a informației și de memorare, gabarit redus, indici mari de fiabilitate, a făcut posibilă utilizarea acestor dispozitive de calcul pentru conducerea directă a proceselor. Ca urmare, aria de aplicare a a. s-a lărgit urmărind îmbunătățirea calității conducerii prin creșterea complexității algoritmilor, precum și a structurilor de conducere ( $\rightarrow$  **conducere după stare**,  $\rightarrow$  **conducere ierarhizată**).

**automatizare**, aplicarea automaticii la un proces sau clasă de procese specificate. A. se impune cu necesitate în contextul dezvoltării rapide a com-

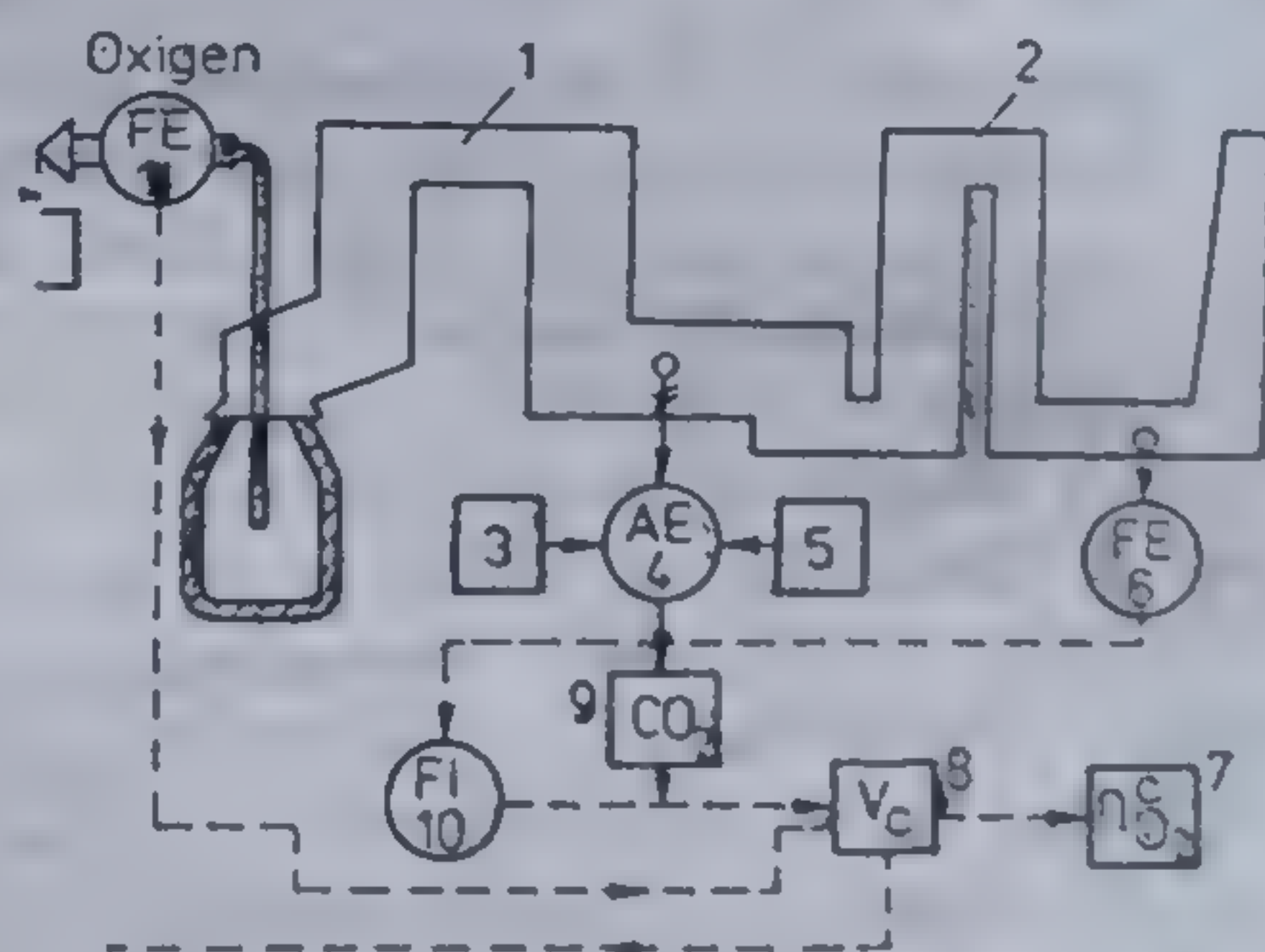


plexității proceselor industriale sub raportul pretențiilor funcționale impuse acestora, pretenții ce vizează cu precădere: creșterea productivității și a calității produselor, economisirea materiilor prime și a energiei, creșterea siguranței în funcționare, exploatarea rațională a utilajelor. În prezent, a. a cuprins majoritatea domeniilor activității productive a omului (industrie, transport, energetică, achiziție și prelucrare de date etc.) contribuind în mod direct la creșterea productivității, a calității producției. O primă fază în aplicarea a. o constituie → telecomanda, în cadrul căreia funcția de decizie o deține omul; această decizie se face pe baza datelor ce reflectă funcționarea procesului și care îi sînt puse la dispoziție (eventual după o prelucrare primară) prin intermediul aparaturii de telemăsurare și telesemnalizare, iar execuția deciziei se realizează prin intermediul aparaturii de telecomandă. Următoarea treaptă a a. este reprezentată de conducerea automată, în cadrul căreia se elimină intervenția directă a omului și în elaborarea deciziilor legate de conducere, acestuia rămî-nîndu-i funcția de supraveghere a funcționării sistemelor automate, eventual, corelarea funcționării mai multor sisteme. Etapa actuală a a. este aceea a a. complexe a producției, în sensul conducerii automate a unui întreg proces de producție, astfel încît să se realizeze o creștere a indicilor tehnico-economici ai acestuia; de asemenea, etapa actuală marchează începutul cibernetizării producției, ce presupune preluarea și a funcției de supraveghere a funcționării de către aparatura complexă de a. (calculator).

automatizarea convertizoarelor, procedează tehnic de reglare a proceselor de transfer de masă și energie din convertizor, cu scopul obținerii unui conținut prestabilit de carbon în oțel, a unei temperaturi impuse a oțelului și a unui grad de desulfurare și defosforare prestabilit. În convertizor se controlează automat următorii parametri: presiunea, consumul și cantitatea totală de oxigen; poziția gurii de vînt deasupra nivelului băii calmate; presiunea și consumul de apă în apropierea gurii de vînt; temperatura apei la evacuare; conținutul de dioxid de carbon, oxid de carbon și oxigen după răsturnarea convertizorului; temperatura și compoziția oțelului. Sistemul din fig. A.28 asigură controlul automat al decarburării pe parcursul insuflării și utilizării oxigenului pentru oxidarea carbonului, precum și prognozarea conținutului final al carbonului în oțel. Determinarea vitezei de decarburare 8 se face în funcție de concentrația dioxidului de carbon în gazele de evacuare 9 și volumul acestora

Fig. A. 28. Sistem de control automat al decarburării în convertizor:

1 — cazan utilizator; 2 — instalație de epurare; 3,5 — blocuri de comandă și alimentare a analizorului de gaze; 4 — analizor de gaze; 6 — traductor al volumului de gaze; 7 — sistem de impunere a coeficientului necesarului de  $O_2$ ; 8 — bloc de control al vitezei de decarburare; 9 — sistem de control al concentrației  $CO_2$  în gazele arse; 10 — element de măsură a volumului gazelor arse; 11 — element de măsură  $O_2$ .



10. Consumul de oxigen 11 rezultă din viteza de decarburare 8 și coeficientul necesarului de oxigen 7. Prognozarea conținutului de carbon în oțel se realizează în funcție de viteza de ardere a carbonului în perioada finală 8, cînd ea depinde de concentrația de carbon din baie.



automatizarea cuptoarelor electrice cu arc, procedeu tehnic de reglare a regimului electric și termic în cuptoare la care energia termică necesară pentru elaborarea oțelului este generată de arcurile electrice între 3 electrozi și metal. În cuptorul electric cu arc sînt controlați automat următorii parametri: temperatura zidăriei (cu ajutorul pirometrului de radiație sau a termocuplului); temperatura metalului (cu termocuple de scufundare sau de măsurare continuă); presiunea în spațiul de lucru; componența gazelor ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ) în spațiul de lucru; rarefierea în canalul de evacuare a fumului; consumul și presiunea oxigenului pentru insuflare; parametrii electrice (tensiune, curenți, putere activă); poziția cuptorului, a bolții și a gurilor de oxigen. Sarcina principală a automatizării regimului electric este reglarea (stabilizarea) puterii arcurilor electrice prin reglarea curentului fiecărei faze sau a raportului dintre tensiunea  $u$  și curentul  $i$  al fiecărei faze. În fig. A. 29 este dată schema de

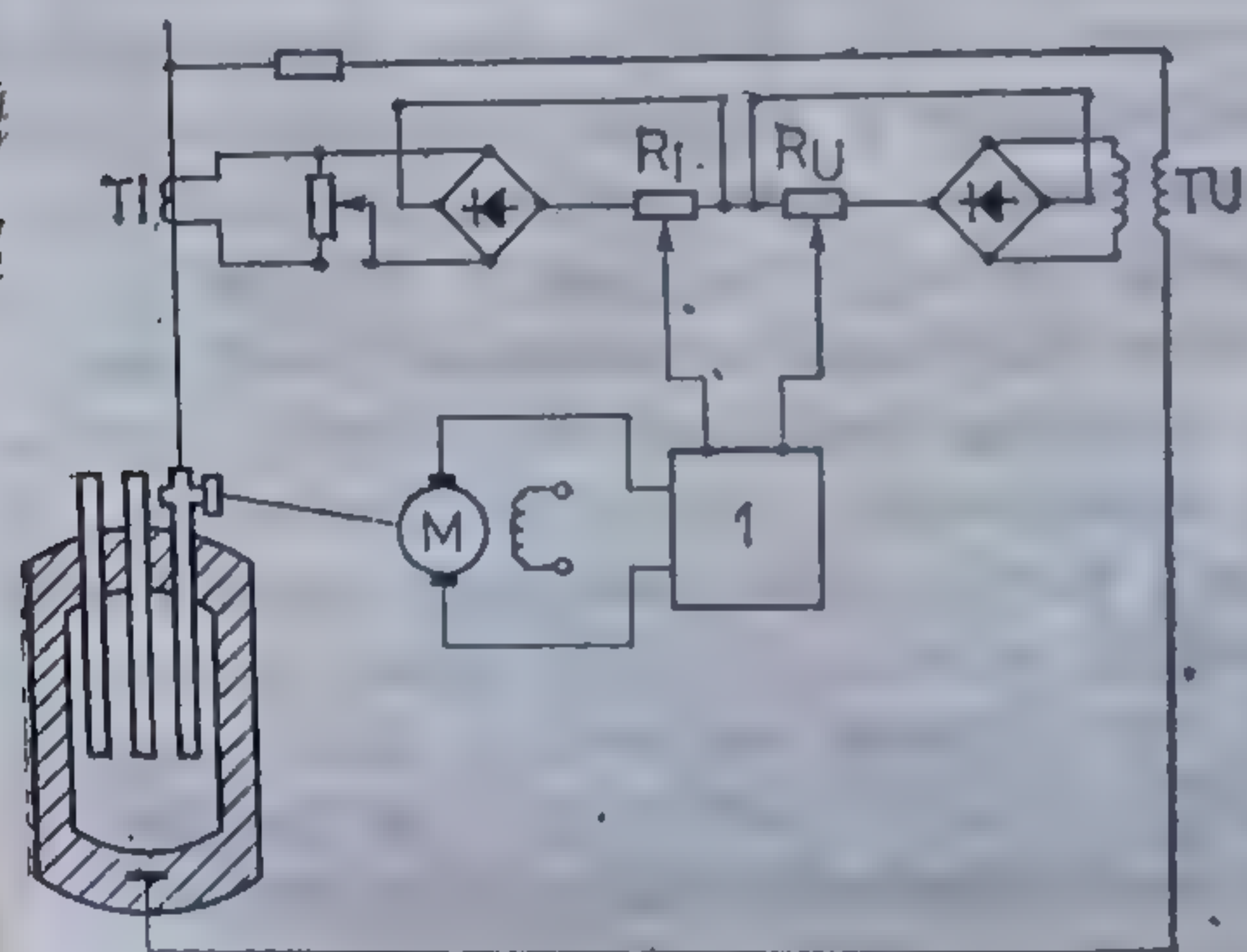
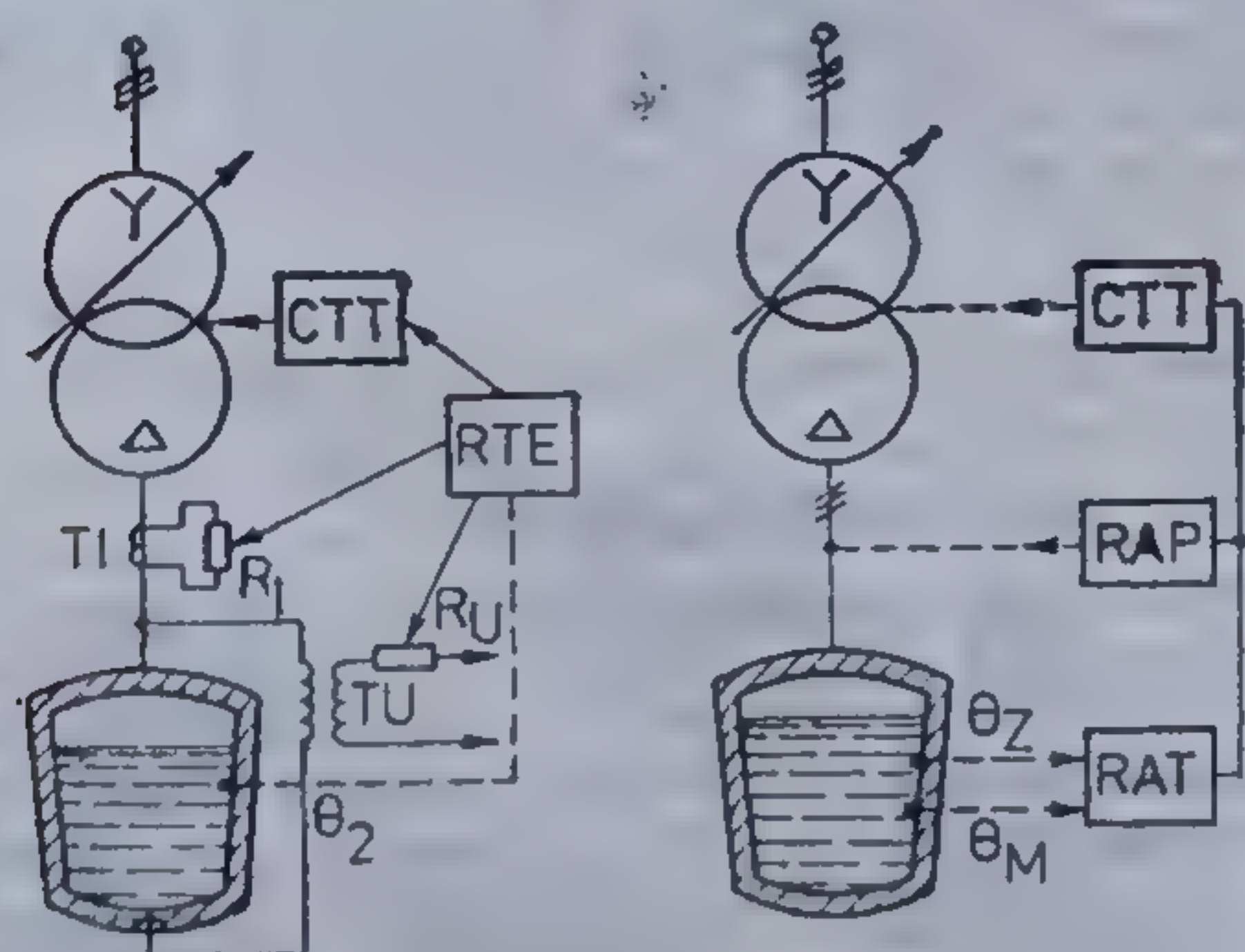


Fig. A.29. Sistem de automatizare a regimului electric al cuptorului:

1 — element de comandă a motorului de antrenare a electrozilor;  $TI$  — transformator de curent;  $TU$  — transformator de tensiune;  $R_I$ ;  $R_U$  — potențiometre de impunere.

reglare pe o fază. Semnalele de la transformatorul de curent  $TI$  și de tensiune  $TU$  pe fază se compun algebric pe rezistențele  $R_I$  și  $R_U$ . Semnalul rezultat este de forma  $\alpha u + \beta i$ , fiind aplicat elementului 1 de comandă a motorului de antrenare a electrozilor  $M$ . Variantele de comandă automată a regimului termic sînt: a) reglarea temperaturii zidăriei (fig. A. 30, a), măsurată cu termo-



RTE - Sistem regulator termic si electric

a

b

Fig. A.30. Sistem de automatizare a regimului termic al cuptorului electric:

a — schema de reglare a temperaturii zidăriei; b — schema de reglare a temperaturii metalului cu limitarea temperaturii zidăriei; RTE — sistem regulator termic și electric; CTT — comutatorul treptelor de tensiune; RAT — regulatorul automat al regimului termic; RAP — regulator automat al puterii;  $TI$ ,  $TU$  — transformatoare de curent și tensiune;  $R_I$ ,  $R_U$  — potențiometre de impunere.

cuplu sau cu piometru cu radiație. Dacă temperatura zidăriei devine mai mare decît cea admisibilă, regulatorul comută transformatorul cuptorului cu o treaptă mai jos. Concomitent, se schimbă valoarea impusă reguletoarelor regimului electric; b) reglarea temperaturii metalului (fig. A.30, b), cu limi-



tarea temperaturii maxime a zidăriei. Regulatorul automat al regimului termic *RAT* este legat cu traductoarele temperaturii metalului și zidăriei, acționând asupra comutatorului treptelor tensiunii *CTT* și asupra regulatorului automat al puterii *RAP*. În funcție de temperatura reală măsurată a metalului, în fiecare perioadă a elaborării se schimbă regimul termic. Dacă temperatura zidăriei atinge valoarea limită, regulatorul *RAT* micșorează puterea, în primul rând pe seama scăderii tensiunii secundare a transformatorului.

**automatizarea instalațiilor navale**, soluție tehnică ce utilizează sisteme automate și de calcul pentru rezolvarea problemelor de navigație, comandă, înregistrare și diagnosticare, protecție a instalațiilor navale contra avariilor, calcul al deformațiilor, ș. a., în condițiile schimbării frecvente a condițiilor de navigație. Obiectivele de bază ale a.i.n. sînt:

- automatizarea mecanismelor auxiliare ale instalațiilor navale ce cuprind: mecanisme auxiliare ale instalațiilor energetice (instalația de propulsie și instalațiile electroenergetice, lansarea motorului principal, comutarea pe grupul de rezervă); instalațiile de balast, santină, spălare și stropire, stingere a incendiului, alimentare cu apă potabilă, ventilare a compartimentelor navei;
- acționarea electrică reglabilă a cîrmei, inclusiv sistemele automate de guvernare a navei, ce implică: determinarea automată a coordonatelor navei; guvernarea navei după un program dat; evitarea coliziunii cu obiecte periculoase; manevrabilitatea navei în spații aglomerate. Sistemele automate de guvernare a navei folosesc piloți automați, pentru care mărimea reglată este unghiul de drum  $\varphi$ , iar mărimea de referință este unghiul de cîrmă  $\alpha$ . Aceste sisteme pot fi construite în variantele: de reglare automată, autoadaptiv, optimal, cu acționare universală (fig. A.31);
- automatizarea instalațiilor de ancorare, manevră — legare și remorcare, ce cuprind sistemele automate pentru

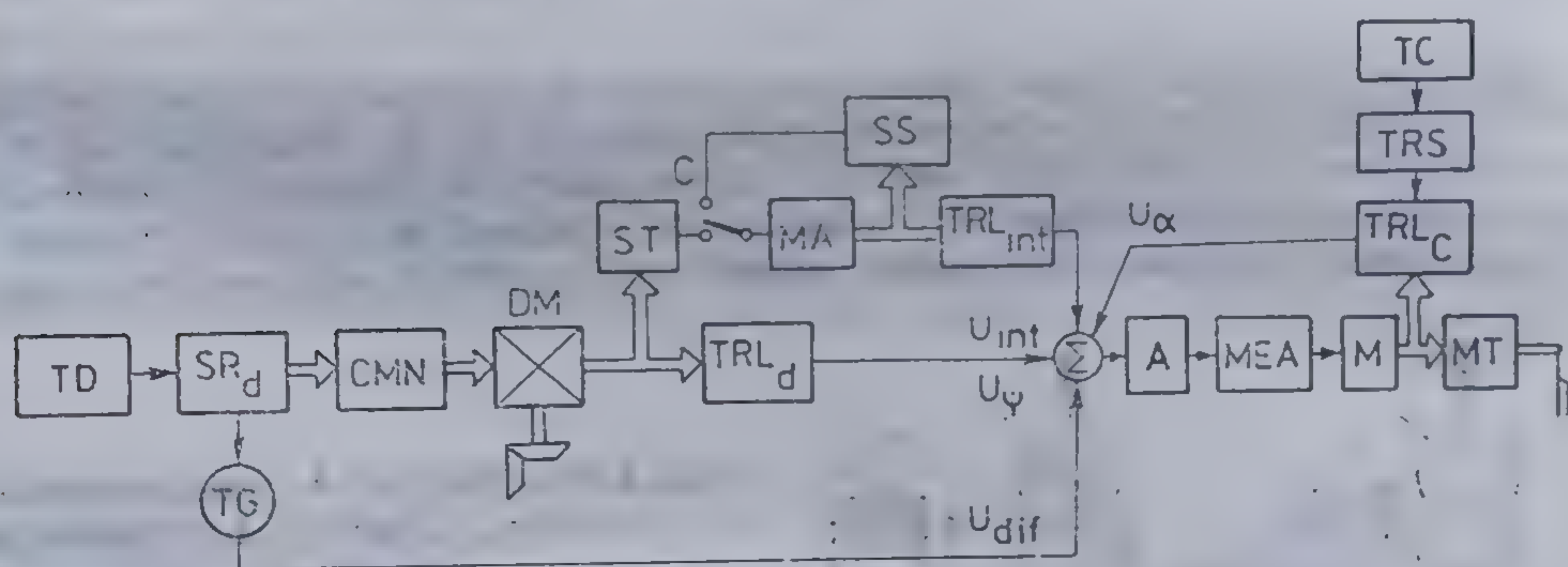


Fig. A.31. Sistem automat de guvernarea navei:

*TD* — trductor de drum al girocompasului; *SRd* — selsin receptor de drum; *TRLd* — transformator rotitor liniar de drum; *CMN* — cuplaj melcat nereversibil; *DM* — diferențial mecanic; *TG* — tahogenerator; *ST* — selsin în regim de transformator; *MA* — motor asincron; *TRLint* — transformator liniar; *SS* — selsin în regim de transformator, utilizat pentru readucerea axului *TRL* — în poziția inițială, în regim de urmărire (deconectat prin comutatorul *C* în regim automat); *A* — preamplificator; *MEA* — mașină electrică amplificatoare; *M* — motor; *MT* — mecanism de transmisie; *TRLc* — transformator; *TRS* — transformator rotitor de scară; *TC* — traductorul poziției prescrise a cîrmei.

acționare electrică a vinciului de remorcare, prevăzut cu dispozitiv pentru măsurarea forței de întindere în parîma de remorcare; d) automatizarea mecanismelor navale de ridicare, a mecanismelor de încărcare — descărcare, a vinciurilor de balansină, a vinciurilor de scară de bord, a ascensoarelor. Utilizarea calculatoarelor apare cu precădere în cazurile a) și b), atât pentru o auto-



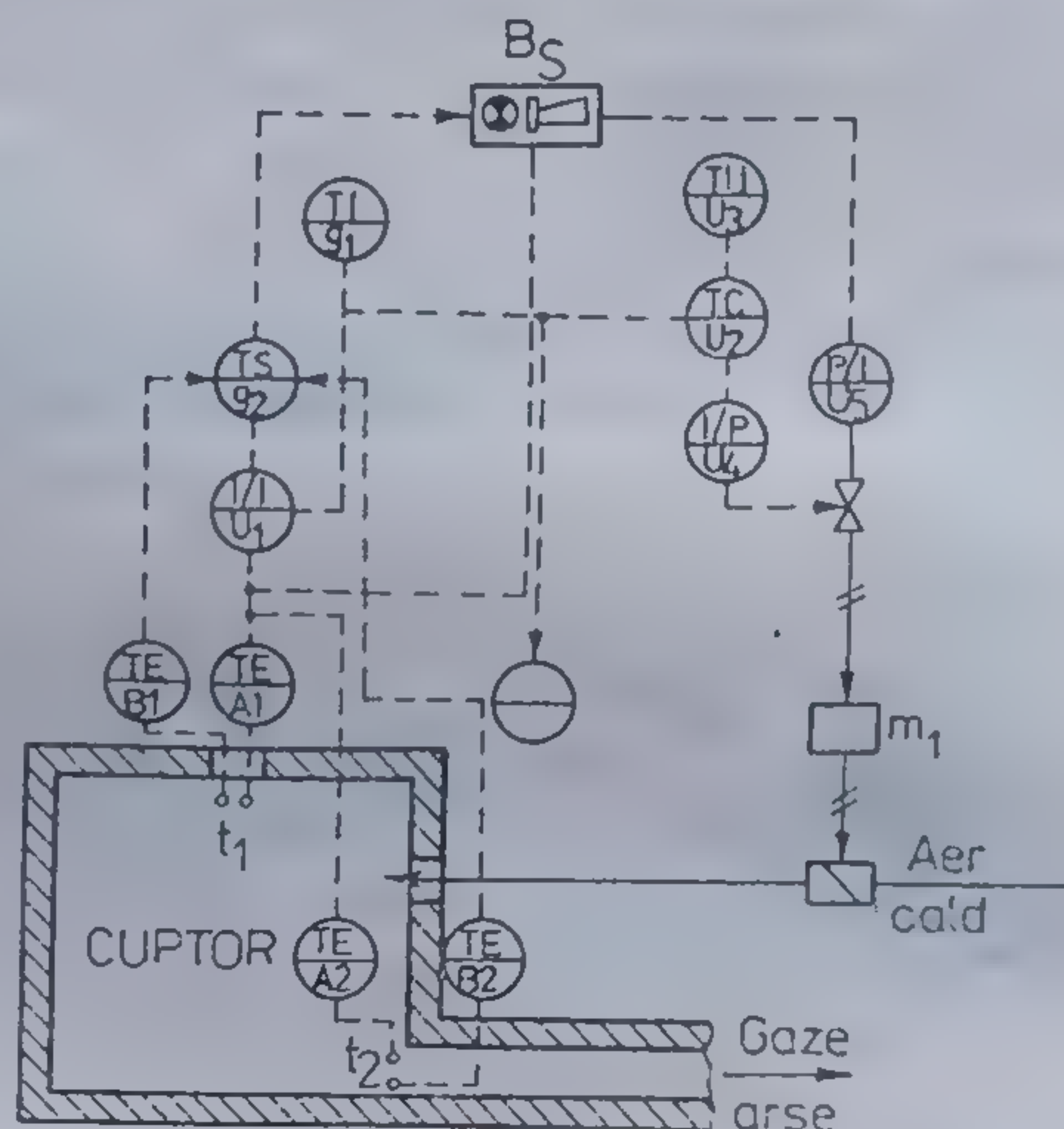




continuu cu excitație mixtă. Poziționarea cilindrilor se realizează cu ajutorul a două șuruburi de presiune antrenate cu motoare de curent continuu. Poziționarea cilindrilor se face cu precizie mare, schema de reglare a turației acestor motoare fiind inclusă în bucla de reglare a poziției, ce utilizează de obicei transductoare incrementale. Distanța între cilindri este indicată pe un cadran cu ajutorul unui mecanism acționat de un selsin receptor. Acționările căilor cu role, de ex., a celor care introduc laminatul în cajă, sînt de mai multe tipuri: acționare individuală sau comună a rolelor, cu motoare de curent continuu, alimentate prin punți cu tiristoare, sau acționarea cu motoare asincrone. Platformele transferoarelor sînt acționate de motoare de curent continuu cu limitarea accelerărilor și decelerărilor, astfel încît să nu existe patinări pe șină și poziționările să fie realizate cu precizie ridicată. Instalația de automatizare a cuptoarelor de încălzire a lingourilor asigură menținerea valorilor parametrilor de bază (temperatură, presiune, compoziție atmosferică) în limite tehnologice, astfel încît să fie reduse la minimum timpul de încălzire și consumul de combustibil, protejînd lingourile împotriva oxidării. Sînt prevăzute următoarele reglări: reglarea după program a temperaturii cuptorului, a raportului aer-combustibil, a presiunii din celula cuptorului, a temperaturii gazelor la coș. Totodată se asigură protecția recuperatorului. Reglarea temperaturii în cuptor se face prin comanda debitului de aer cald de combustie (fig. A.33).

Fig. A.33. Sistem de reglare a temperaturii în cuptor:

$g_1$  — indicator de temperatură;  $g_2$  — dispozitiv de alegere;  $g_3$  — indicator de temperatură;  $U_{4,5}$  — convertor electropneumatic;  $U_3$  — dispozitiv valoare impusă;  $U_2$  — regulator de temperatură;  $U_1$  — traductor;  $m$  — servomotor;  $S_1$  — clapetă;  $B_s$  — bloc semnalizare;  $t_1, t_2$  — termocuple Pt—Pt—Rd.



automatizarea liniilor de asamblare, soluție tehnică ce utilizează celule flexibile de tip robot industrial pentru realizarea, într-o succesiune prestabilită, a operațiilor de montare a reperelor într-un ansamblu mecanic. Asamblarea mecanică a reperelor se realizează la mai multe unități (posturi) de lucru, ce constituie o linie de asamblare, fiecare post de lucru este deservit de un robot industrial. (→ asamblare automată).

automatizarea mașinilor-unelte, soluție tehnică de supraveghere, comandă și reglare a prelucrării prin așchiere pe mașini-unelte, vizînd îndeplinirea următoarelor obiective: realizarea unei traiectorii impuse a punctului de interacțiune sculă-piesă, cu o precizie impusă, pe baza unui program general valabil în raport cu tipurile de sculă și viteză de deplasare pe contur; reglarea intensității procesului de așchiere, prin controlul încărcării mașinii-unelte și optimizarea unor indici tehnico-economici de tip: productivitate, preț de cost



al așchierii: comanda și supravegherea desfășurării diferitelor etape tehnologice ale procesului de uzinare: introducerea programului de fabricație și a corecțiilor de parametri de la un periferic tip cititor de bandă sau unitate de casetă magnetică, respectiv de la o tastatură a consolei operatorului, cu afișarea deplasărilor axelor și a informațiilor privind starea curentă a mașinii. Aceste funcții de automatizare sunt realizate prin echipamente de comandă numerică a mașinilor unelte, cu diferite implementări: cu elemente discrete ( $\rightarrow$  comandă numerică), cu mini- și microcalculatoare ( $\rightarrow$  comandă numerică cu calculator), sau cu integrarea în configurații de conducere ierarhizată a fabricației. Structura generală a sistemelor de a. m. u. este prezentată în fig. A.34. Particularizarea acestei configurații generale de a. m. u. conduce la următoarele structuri tipice de comandă, asociate funcțiilor-obiectiv enunțate: a) echipamente de comandă secven-

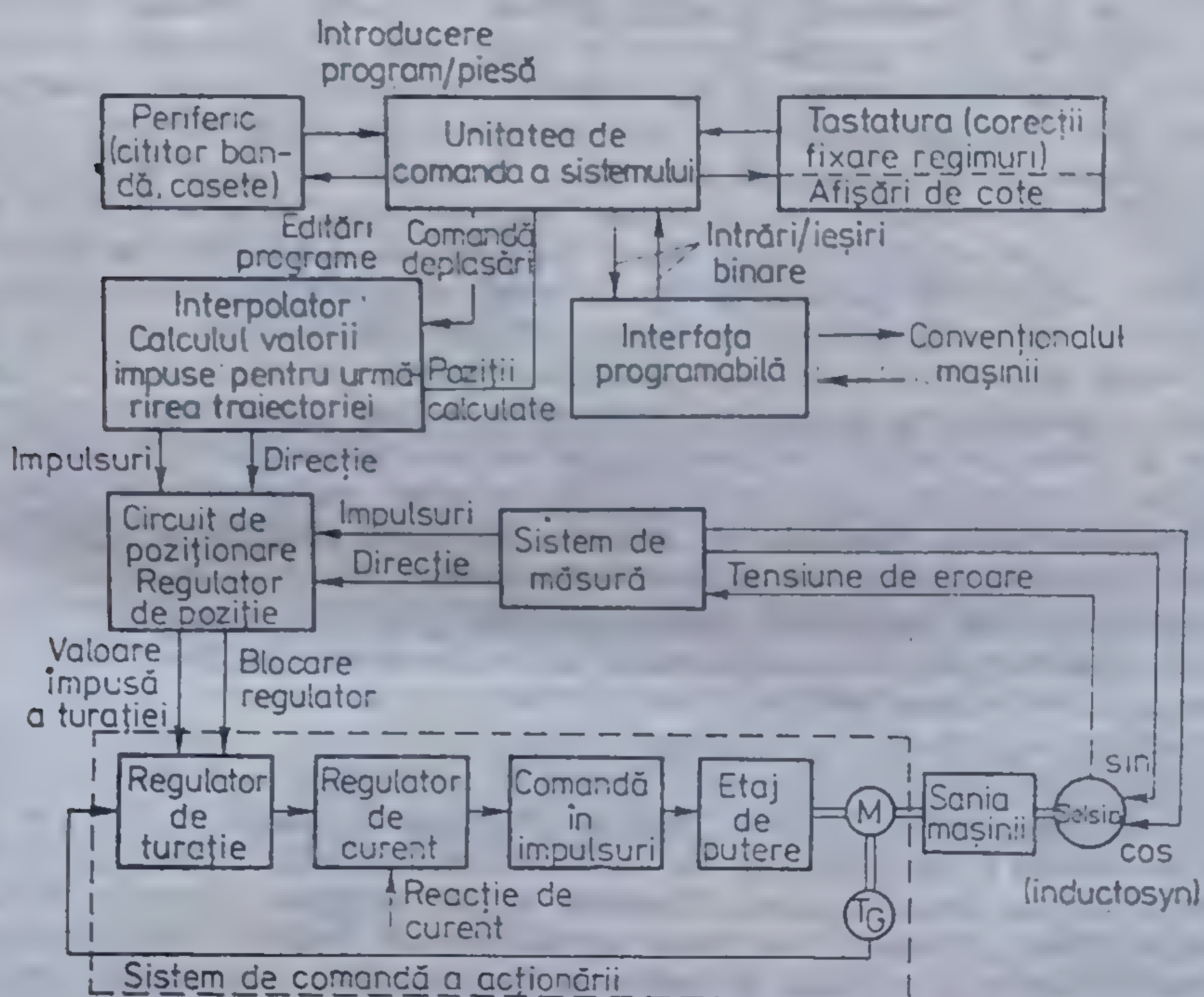


Fig. A.34. Structura generală a sistemelor de automatizare a mașinilor-unelte.

țială și supraveghere a etapelor tehnologice, la care comanda are drept scop realizarea unei serii de operații ce se succed într-o ordine bine determinată, oricare din operații neputând fi declanșată decât dacă ansamblul operațiilor anterioare a fost corect executat (de ex., realizarea de cicluri fixe); b) echipamente de introducere de date și afișare de cote: oferă posibilitatea dialogului om — mașină și a obiectivizării urmăririi stării mașină — proces condus. Se utilizează acolo unde este esențială informația de deplasare, iar prelucrarea propriu-zisă nu ridică probleme; c) echipamente de poziționare a organelor mobile: axele mașinii sunt comandate succesiv, iar în timpul deplasării nu se execută prelucrări prin așchiere. Apare reglarea poziției și a vitezei de deplasare; d) echipamente de



prelucrare pe direcții paralele cu axele: sînt caracterizate prin absența dependenței funcționale a deplasărilor pe diferite axe, dar în timpul deplasării poate avea loc uzinarea. Poate apare reglarea adaptivă a vitezei de deplasare, a turației arborelui principal sau a adîncimii de așchiere; e) echipamente de conturare: axele mașinii se pot deplasa simultan: dependența funcțională între deplasările de-a lungul axelor, obținută prin calcul, permite comanda avansurilor pentru realizarea de traiectorii plane sau în spațiu a punctului de interacțiune sculă-piesă; f) echipamente pentru conducerea centrelor de prelucrare: asigură conducerea a 10—12 axe simultan, împreună cu deserviri de piese și repere, alimentări, descărcări; sînt utilizate configurații de control al deplasărilor, cît și roboți industriali pentru operațiile de deservire, apucare, eliberare, schimbare automată a sculelor, menționate. Volumul mare de informații necesare pentru a.m.u., ordonarea complicată a comenzilor în vederea asigurării secvențelor de prelucrare, cît și complexitatea traiectoriilor impune punctului de interacțiune sculă-piesă, fac necesară prezența unei faze de prelucrare externă (în raport cu echipamentul de a. m. u.) a datelor, ce poate fi realizată manual sau pe calculator, și al cărei obiectiv este transpunerea pe un purtător de informație —bandă perforată sau magnetică— a desenului de execuție a piesei și a prescripțiilor tehnologice, conform unui cod accesibil structurii de a. m. u. Prelucrare și prelucrarea în timp real a informațiilor astfel înscrise pe purtător se numește *prelucrare internă* și se supune regulilor severe de prelucrare a semnalelor pentru comanda proceselor rapide, de tipul acționărilor electrice. Obținerea unor performanțe tehnico-economice înalte (lungimi mari de contur, precizii de poziționare de ordinul micronilor, viteze de deplasare de ordinul zecilor de metri pe minut, flexibilitate în tratarea programelor, posibilitate de adaptare și modificare post instalare, optimizarea regimurilor de tăiere, împărțirea automată a adausului de uzinare, reducerea timpilor auxiliari neproductivi impun utilizarea calculatoarelor în a.m.u.

**automatizarea oțelăriilor Siemens-Martin**, procedeu tehnic ce constă în reglarea regimului termic al cuptorului Martin, cu scopul obținerii componentei și temperaturii impuse oțelului, reducerii timpului de elaborare a șarjei, protejării zidăriei cuptorului și al utilizării economice a combustibilului. Automatizarea regimului termic la cuptorul Martin se poate face în 4 moduri: reglarea sarcinii termice, reglarea arderii, reglarea presiunii în spațiul de lucru și comutarea automată a supapelor. În fig. A.35 este prezentată schema de reglare la cuptorul Martin. Reglarea sarcinii termice implică schimbarea sarcinii în funcție de necesitățile cuptorului și evitarea supraîncălzirii zidăriei. Pentru ca arderea combustibilului și a oxidului de carbon să fie completă se utilizează regulatoarele cantității de aer și de oxigen. Reglarea arderii cu abatere minimă asigură menținerea aceluiași conținut de oxigen în procesul arderii. Reglarea presiunii în spațiul de lucru se face cu ajutorul șuberului instalat în canalul de fum orizontal, înaintea conductei de fum sau înaintea aparatului de ghidare a pompei de fum a cazanului. Sistemul de comutare automată a supapelor servește la protejarea grătarelor regeneratoarelor împotriva supraîncălzirii și pentru asigurarea regimului lor optim de funcționare. Aceasta se realizează prin scurtarea timpului dintre comutările supapelor pe măsura încălzirii cuptorului.

**automatizarea procesului de absorbție**, procedeu tehnic care are drept scop reglarea transferului de masă în procesul de combinare a fazei lichide cu faza de vapori. În coloana de absorbție alimentarea cu vapori se face pe la partea inferioară, gazul epuizat fiind evacuat pe la vîrf. În contracurent este introdusă faza lichidă pe la partea superioară, urmînd ca pe la fundul coloanei să se evacueze lichidul cu vaporii absorbiți. Conform schemei de automatizare din fig. A. 36 se urmărește menținerea unui raport constant între debitul de



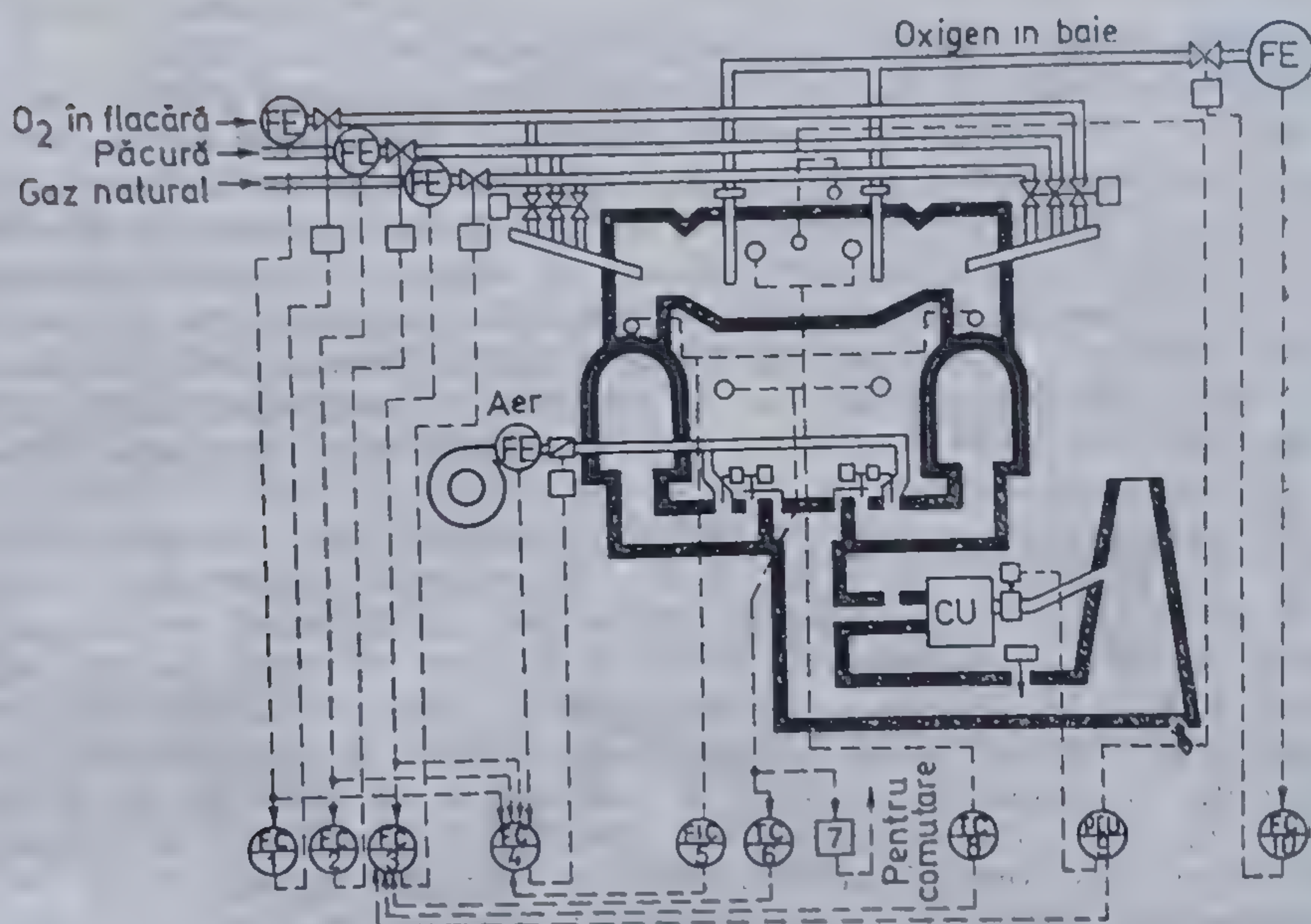


Fig. A.35. Sistem de reglare automată a regimului termic la cuptorul Martin :

1 — regulatorul consumului de  $O_2$  în flacără ; 2 — regulatorul consumului de păcură ; 3 — regulatorul consumului de gaz natural ; 4 — regulatorul consumului de combustibil- aer ; 5 — dispozitiv de corecție a consumului de aer după produsele arderii ; 6 — dispozitiv de corecție a sarcinii termice după temperatura grătarelor regeneratoare ; 7 — relee de comandă a reversării flăcării ; 8 — dispozitiv de corecție a sarcinii termice după temperatura bolții ; 9 — regulatorul presiunii în spațiul de lucru și dispozitivul de corecție a sarcinii termice după presiune ; 10 — regulatorul consumului de oxigen în baie ; CU — cazan utilizator.

vapori de intrare, considerat debit conducător, și debitul de lichid pentru absorbție, avînd în vedere și necesitatea menținerii unei presiuni constante în coloană pe seama evacuării gazului epuizat. Evacuarea lichidului cu gazul

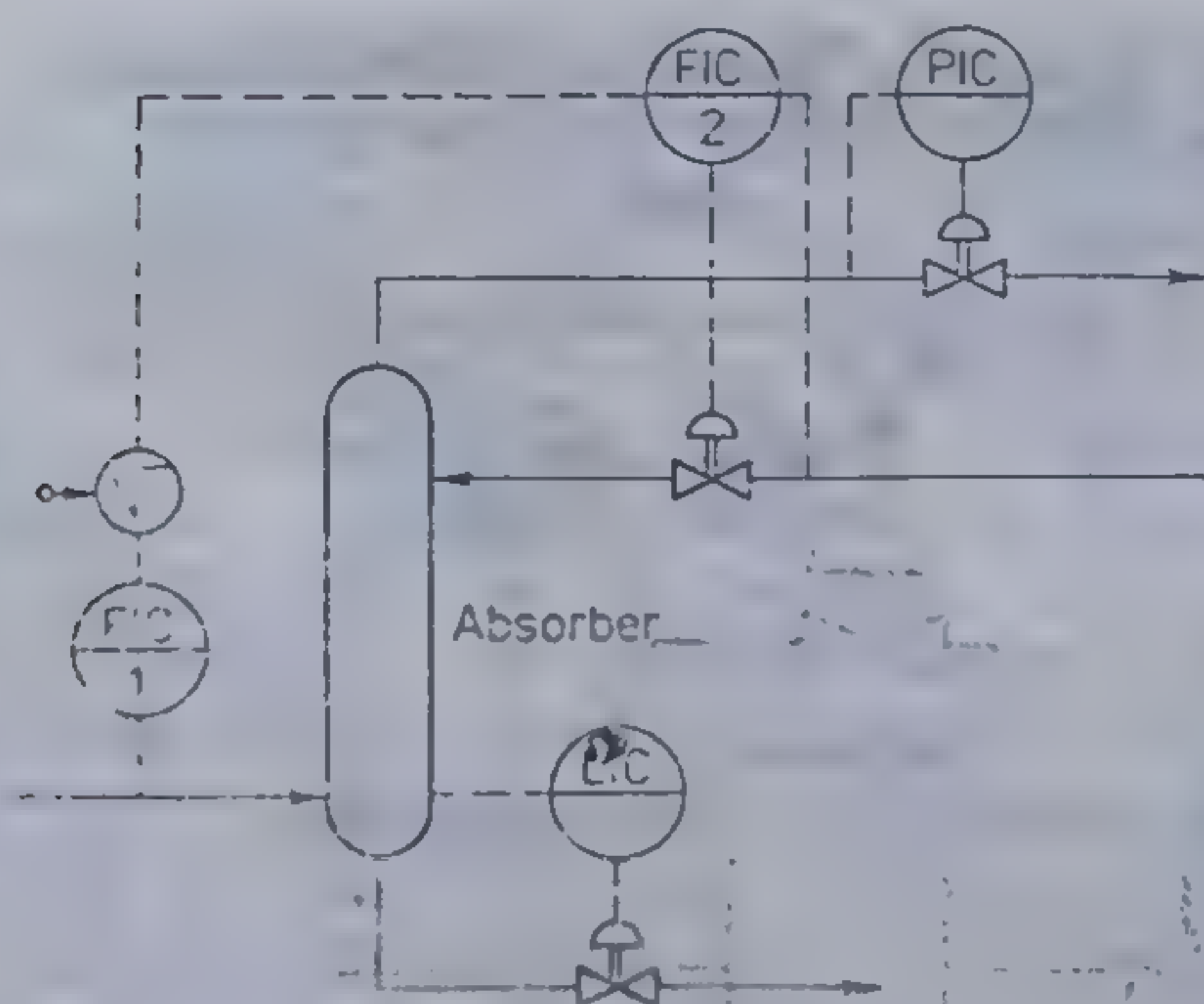


Fig. A.36. Automatizarea procesului de absorbție :

$FIC_{1,2}$  — reglarea raportului debitelor de vapori absorbant și de lichid pentru absorbție ; PIC — reglarea presiunii în coloană prin modificarea debitului de gaz epuizat ; LIC — reglarea nivelului la baza coloanei.

absorbit se face menținându-se un nivel constant în baza coloanei, comandînd în funcție de acesta evacuarea.

automatizarea procesului de climatizare, soluție tehnică avînd ca scop menținerea automată a aerului dintr-o încălț la anumite condiții: a) de temperatură, care de regulă se menține constantă, în acest scop fiind necesară o



instalație de încălzire (răcire) a aerului captat din exterior și variația în limite largi a debitului de aer captat; b) de umiditate, pentru care, după caz, se impune utilizarea unor instalații de umidificare sau de uscare; c) de puritate a aerului asigurându-se atât reținerea impurităților, cât și menținerea concentrației de noxe sub limitele de poluare admise; d) de omogenizare a aerului, ceea ce impune distribuția și circulația acestuia. În funcție de modul în care se realizează una sau mai multe din condițiile menționate se deosebesc: sisteme de climatizare cu scop igienic, folosite pentru îndepărtarea degajărilor nocive; sisteme de climatizare cu scop tehnologic, care asigură parametrii aerului necesar desfășurării optime a procesului tehnologic, și sisteme de confort, care asigură condiții biologice optime. Într-o instalație de climatizare automatizată se întâlnesc deci, după caz, unul sau mai multe circuite de reglare, care asigură reglarea debitului de aer, reglarea temperaturii, reglarea umidității. O variantă tipică de automatizare a climatizării este prezentată în fig. A.37; se remarcă o reglare în cascadă, cu o buclă internă de reglare a turației motoarelor ce antrenează ventilatoarele și o buclă externă, care este destinată să asigure referința pentru regulatorul de turație în funcție de temperatură  $T$ , umiditate  $U$  sau concentrație de noxe  $C$ ; principalele tipuri de traducătoare utilizate în acest scop sînt termorezistențele, umidometrele cu  $\text{LiCl}$  și analizoarele de gaze. În fig. A.38 se prezintă un sistem de automatizare a climatizării cu debit de aer constant, temperatura fiind reglată prin modificarea debitului de apă caldă într-un schimbător de căldură  $SC$  în care pătrunde aerul extern. Folosirea traductorului de temperatură a aerului  $TT_2$  este opțională, ea îmbunătățind timpul de răspuns. În fig. A.39 este dezvoltată schema prezentată în fig. A.38 prin

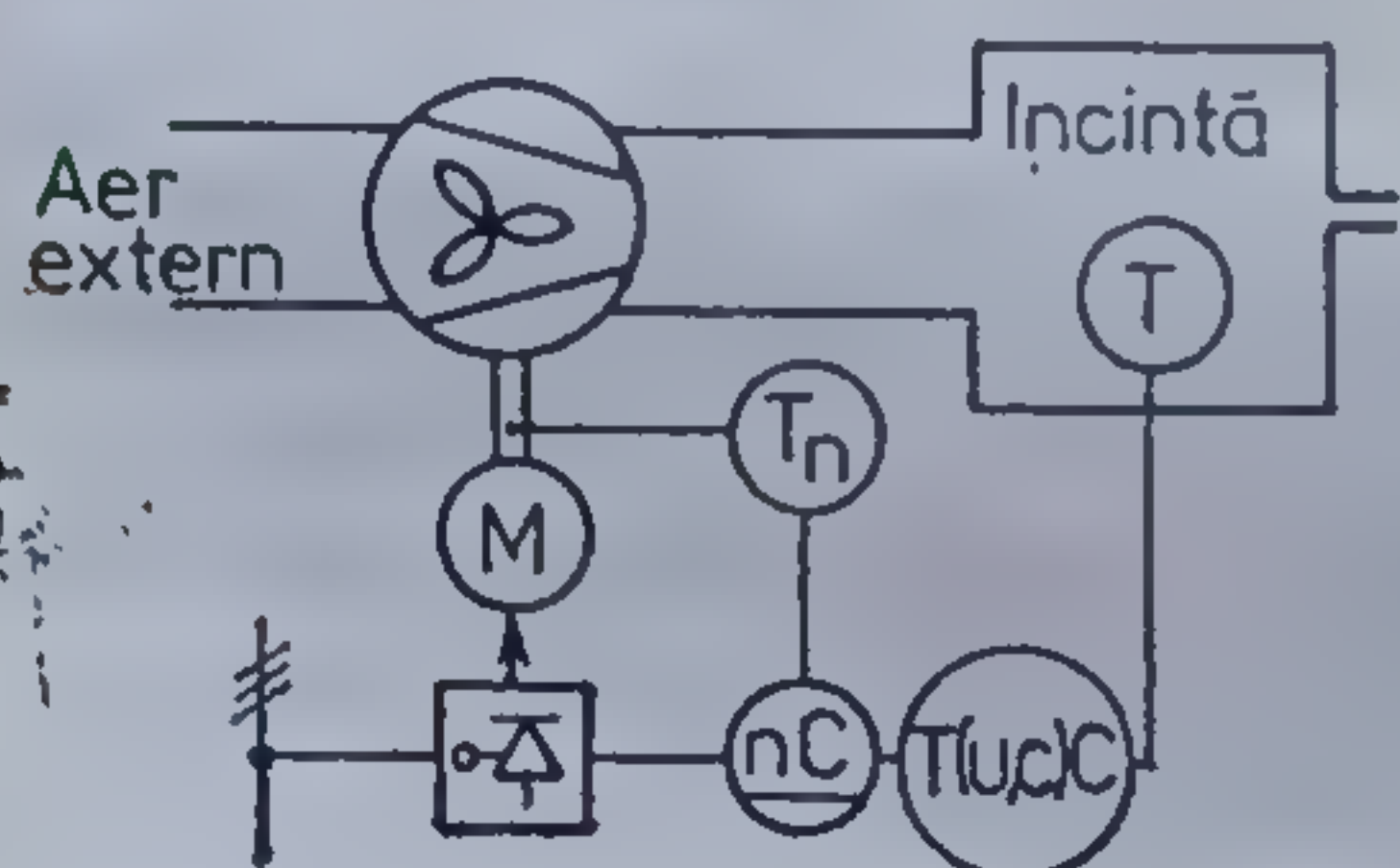


Fig. A.37. Sistem de automatizare a climatizării cu reglare în cascadă.

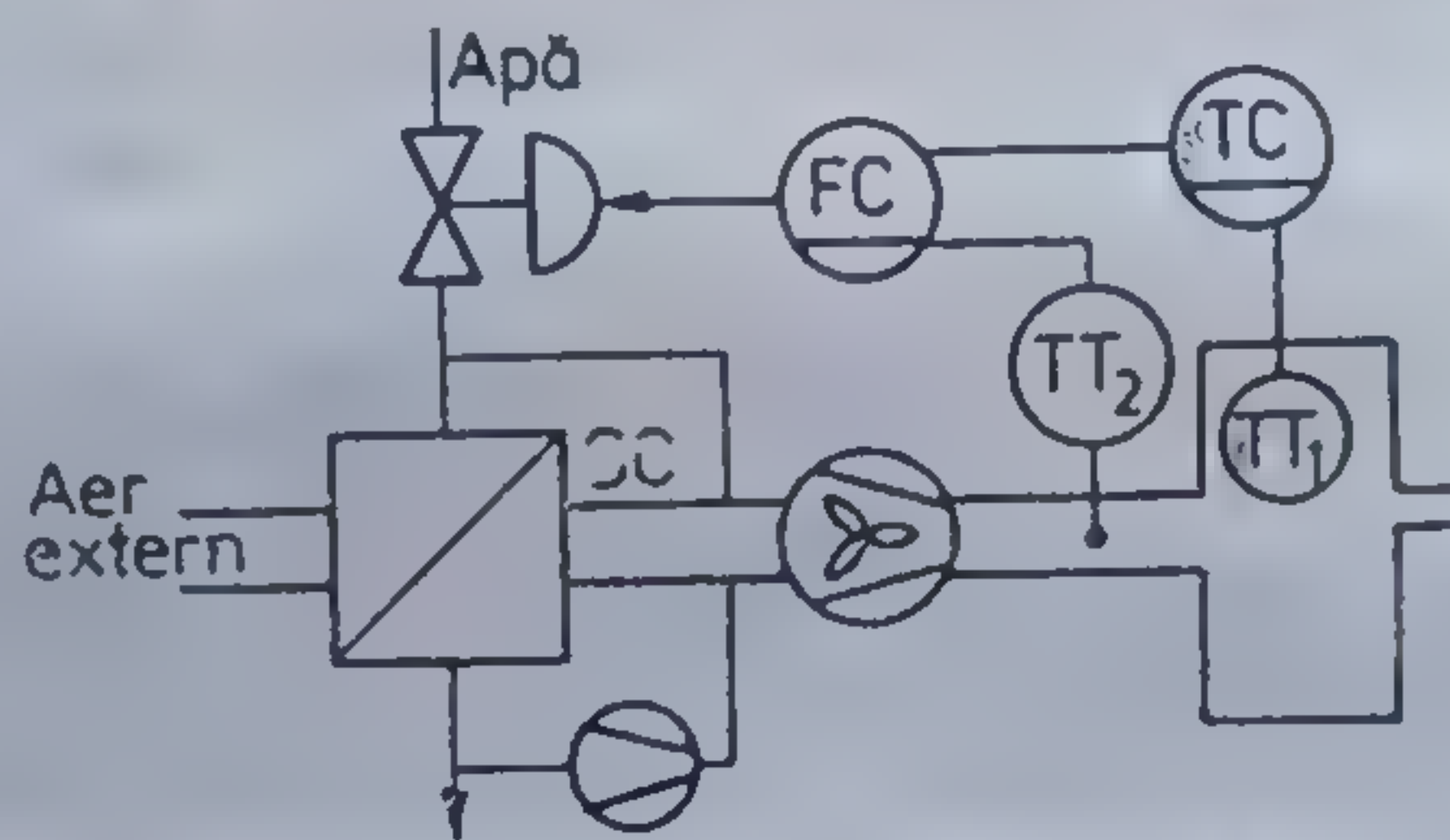


Fig. A.38. Sistem de automatizare a climatizării cu debit de aer constant.

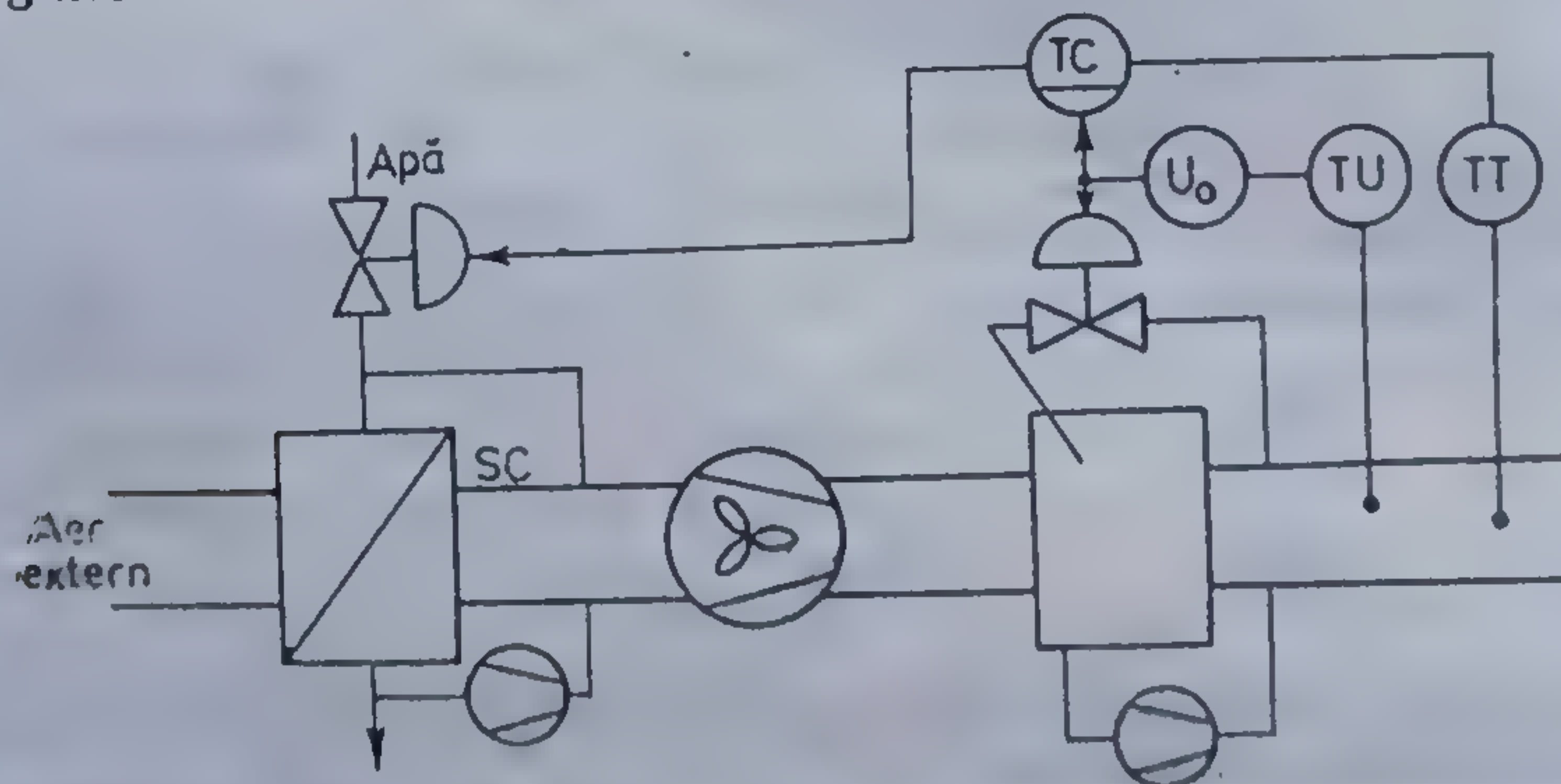


Fig. A.39. Sistem de automatizare a climatizării cu reglarea umidității.



introducerea unei bucle de reglare a umidității  $U$ , care se modifică prin recirculare în incintă a unei anumite cantități de aer cald. Pentru sisteme de climatizare cu performanțe superioare se pot utiliza variante de conducere cu calculator.

automatizarea procesului de desorbție, procedeu tehnic de reglare a transferului de masă ce are ca scop eliminarea cantității maxime a unei componente în fază de vapori sau gaz dintr-un curent de solvent. Procesul de desorbție are loc în coloane asemănătoare celor de distilare, echipate cu un fierbător și un condensator la vîrf (fig. A.40). Aportul de căldură este menținut constant, în vederea reglării compoziției, corectat funcție de temperatură în vederea prescrierii punctului de fierbere. Refluxul se consideră total, evacuarea fazei gazoase făcîndu-se prin reglarea presiunii.

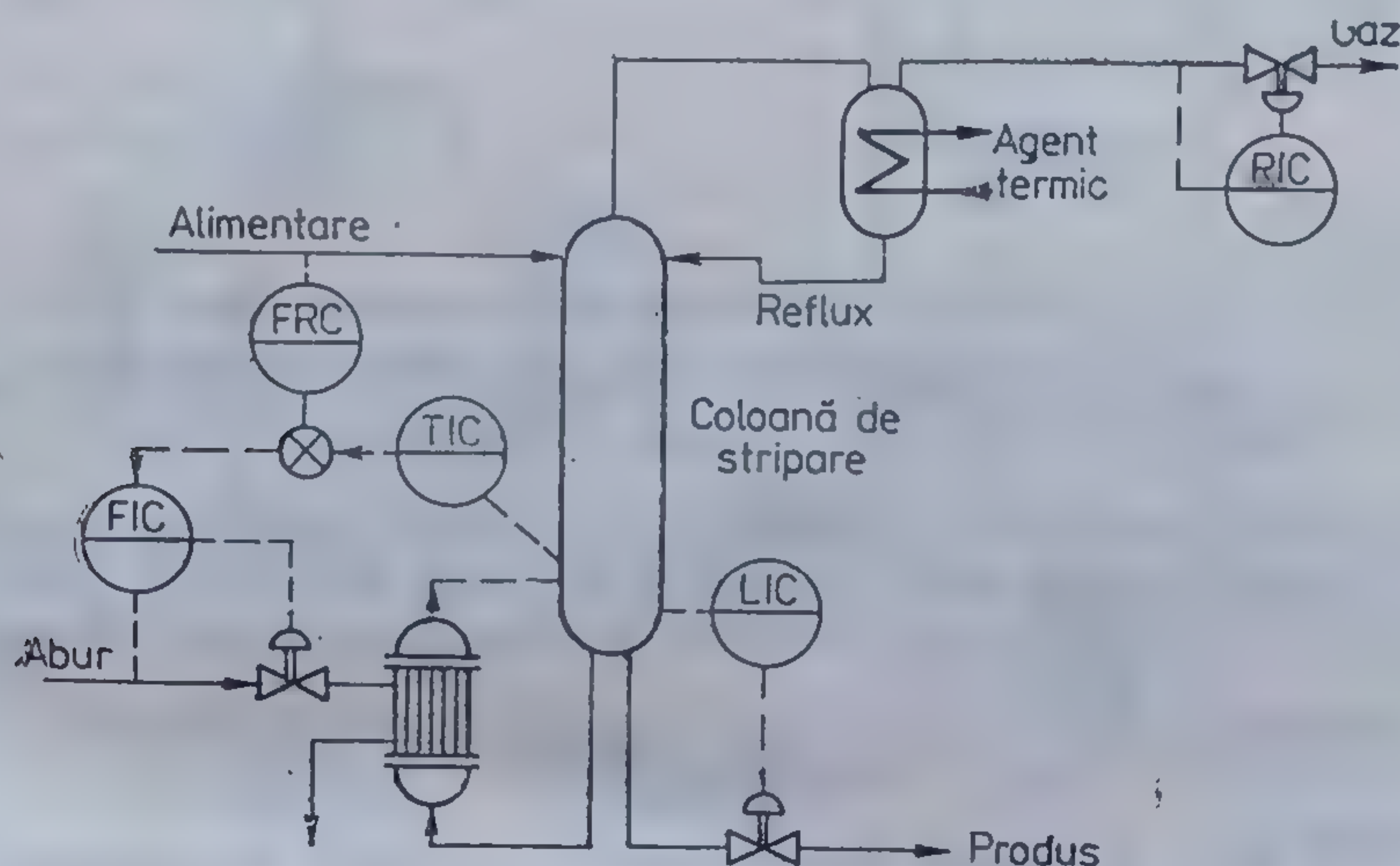


Fig. A.40. Sistem de automatizare a procesului de desorbție:

FRC — reglarea debitului de alimentare; TIC — reglarea temperaturii în cascadă cu debitul de la fierbător; PIC — reglarea presiunii prin modificarea debitului fazei gazoase; LIC — reglarea nivelului în baza coloanei prin modificarea debitului de produs în fază lichidă.

automatizarea procesului de distilare, procedeu tehnic de reglare a transferului de masă printr-o coloană de distilare prin care compoziția distilatului și a reziduului este influențată de raportul dintre debitul de distilat și cel de alimentare, iar variațiile din compoziția materiei prime se pot corecta prin modificarea raportului dintre distilat și materia primă. Față de un anumit debit de alimentare este necesară o cantitate de energie proporțională cu acesta, transmisă în general coloanei de distilare sub formă de cantitate de abur la fierbătorul coloanei. În vederea reglării calității produsului se acționează asupra bilanțului de material, în care scop regulatorul de compoziție trebuie să comande debitul unuia din produse. Regulatorul de nivel din blaz comandă evacuarea reziduului, ceea ce permite fixarea independentă a cantității de căldură furnizată coloanei, debitul de distilat fiind în acest caz mărime de execuție pentru reglarea compoziției sau calității. În fig. A.41 este prezentat un exemplu de automatizare a unei coloane de distilare. În unele cazuri o măsură a presiunii diferențiale între vîrf și baza coloanei dă o indicație asupra debitului de vapori în coloană în funcție de care se poate comanda căldura furnizată coloanei, reducîndu-se timpul de răspuns la variațiile de încărcare a coloanei. În cazul alegerii debitului de reziduu ca mărime de referință pentru reglarea compoziției, nivelul din blaz trebuie reglat prin inter-



mediul debitului de vapori la fierbător. O creștere a presiunii în coloană este datorată creșterii cantității de lichid ce fierbe față de cantitatea de lichid ce condensează, motiv pentru care presiunea în coloană trebuie să fie reglată fie prin modificarea debitului de agent de răcire la condensatorul de la vârful coloanei, fie prin modificarea suprafeței de schimb de căldură sau prin ocolirea

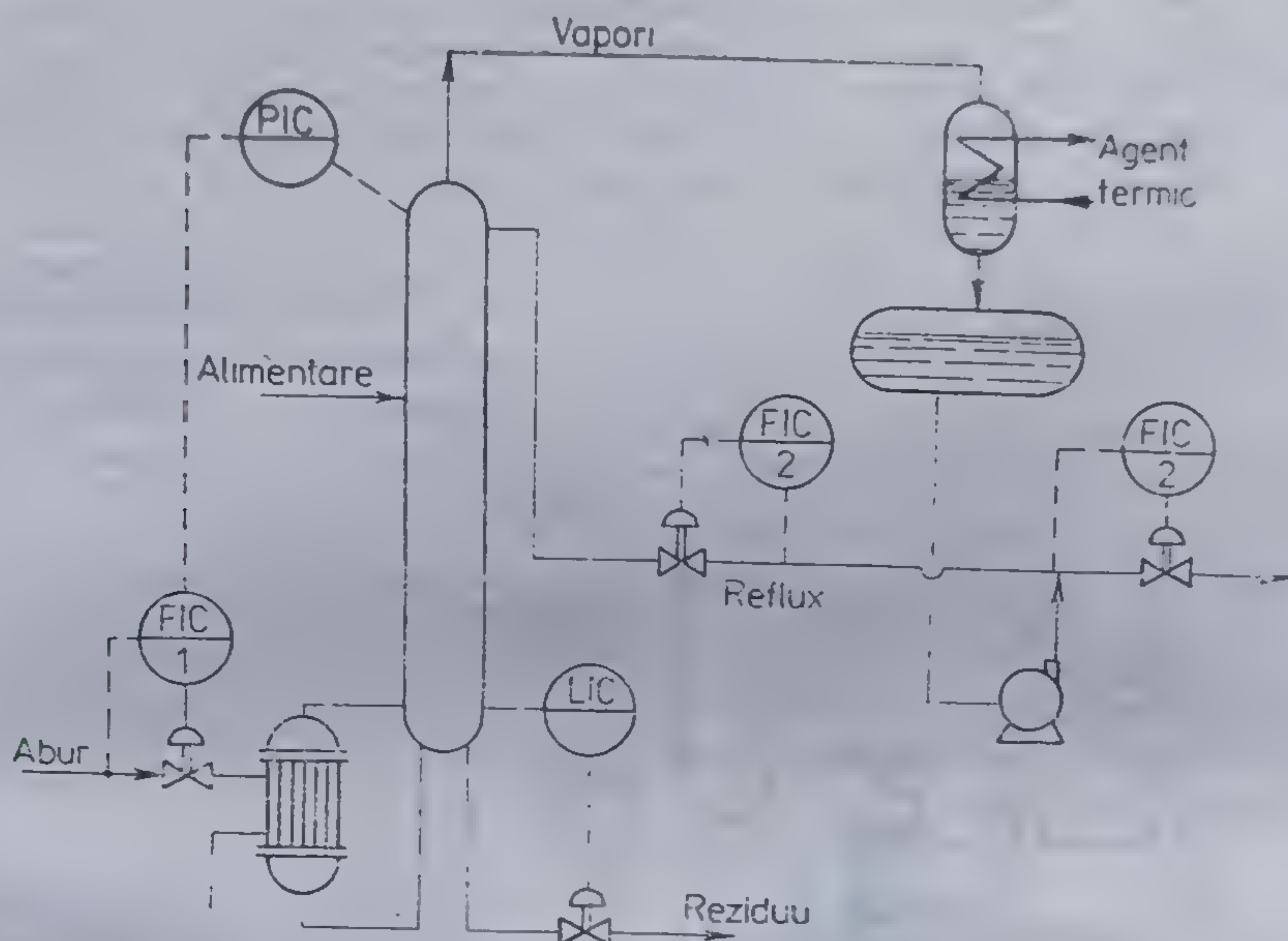


Fig. A.41. Sistem de automatizare a proceselor de distilare:

*PIC* — reglarea presiunii în coloană în cascadă cu debitul de abur *FIC<sub>1</sub>* de la reîfierbător; *FIC<sub>2</sub>* — reglarea debitului de reflux; *FIC<sub>3</sub>* — reglarea debitului de produs (distilat); *LIC* — reglarea nivelului produsului din baza coloanei.

condensatorului, fie când valoarea presiunii lucrează în cascadă cu circuitul de reglare a debitului de abur la fierbător.

automatizarea procesului de evaporare și cristalizare, procedeu tehnic de automatizare a transferului de masă la care intervine separarea fazelor lichid — solid. Evaporarea și cristalizarea pot avea loc separat sau combinat. În urma evaporării se obține o soluție concentrată, iar în procesul de cristalizare se formează o suspensie de cristale în soluție saturată. O evaporare eficientă se realizează de obicei în mai multe etaje, fiecare etaj fiind încălzit cu vapori etajului precedent, asigurându-se reglarea presiunii între etaje. Se menține o alimentare constantă a primului etaj, între etaje circulația fazei lichide făcându-se prin reglarea nivelului în vasul etajului precedent (fig. A.42). În cazul cristalizatoarelor se pune problema de a aduce soluția în condiții de saturatie, adică la un echilibru între moleculele dizolvate și cele nedizolvate, în acest caz temperatura fiind parametrul ce influențează concentrația substanței dizolvate. Depunerea cristalelor este posibilă prin reducerea temperaturii soluției și prin evaporare, cu aport de căldură dublat de realizarea vidului care asigură creșterea concentrației soluției. Indiferent de modul de realizare a cristalizării se recomandă în practică menținerea suspensiei de cristale în continuă mișcare pentru evitarea infundării. Suspensia evacuată din cristalizator este trimisă



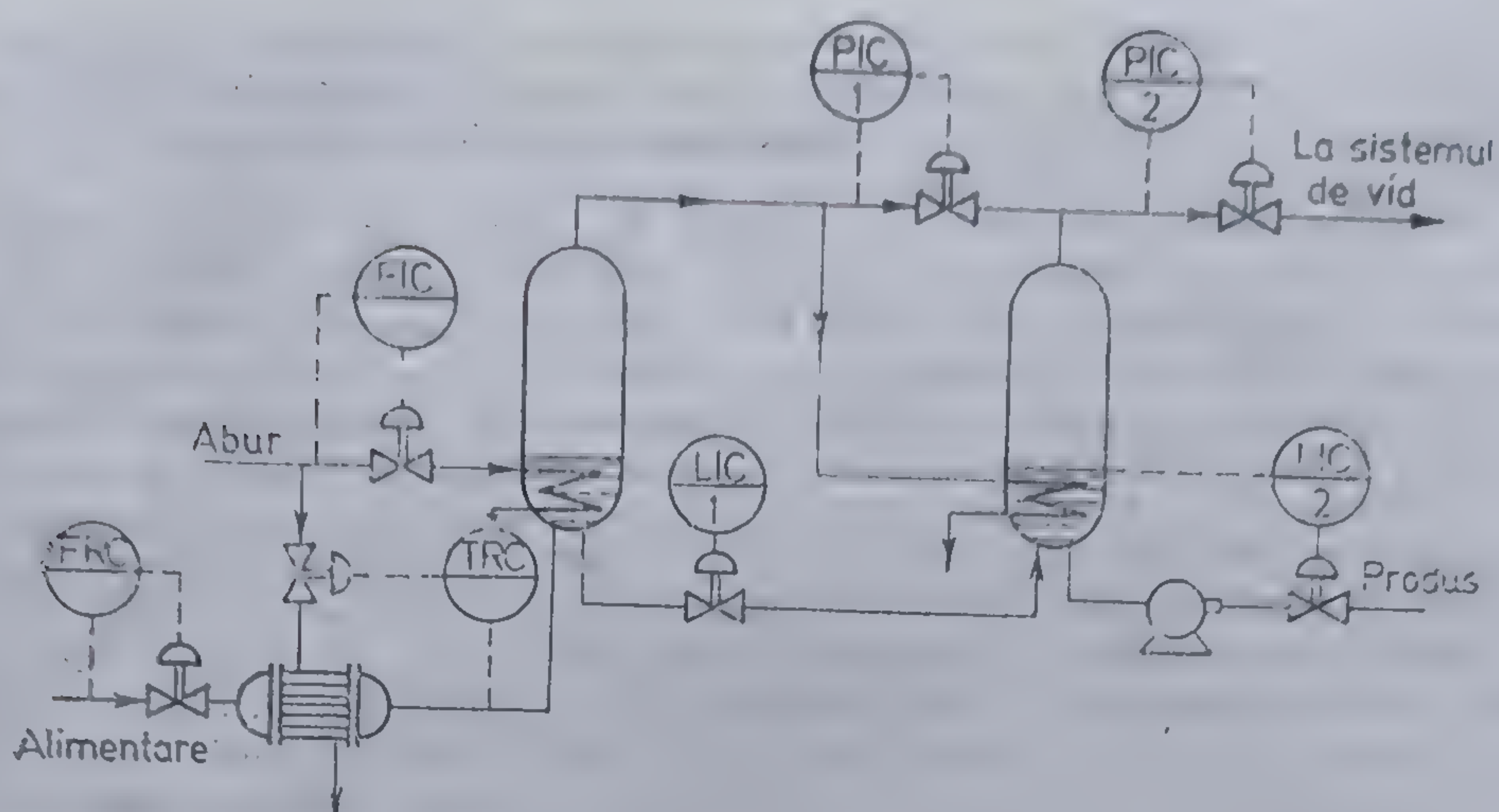


Fig. A.42. Sistem de automatizare a procesului de evaporare:

$FIC$  — reglarea debitului de alimentare;  $FIC$  — reglarea debitului de abur;  $TRC$  — reglarea temperaturii pe alimentarea coloanei prin modificarea debitului agentului termic;  $PIC_{1,2}$  — reglarea presiunii între etaje;  $LIC_{1,2}$  — reglarea nivelului produsului în fază lichidă.

(în funcție de nivel) la solzificator sau centrifugă, soluția mamă fiind returnată în proces. În exemplul prezentat în fig. A.43 principiul de control expus este realizat prin reglarea sistemului de vid și prin asigurarea unui aport de căldură

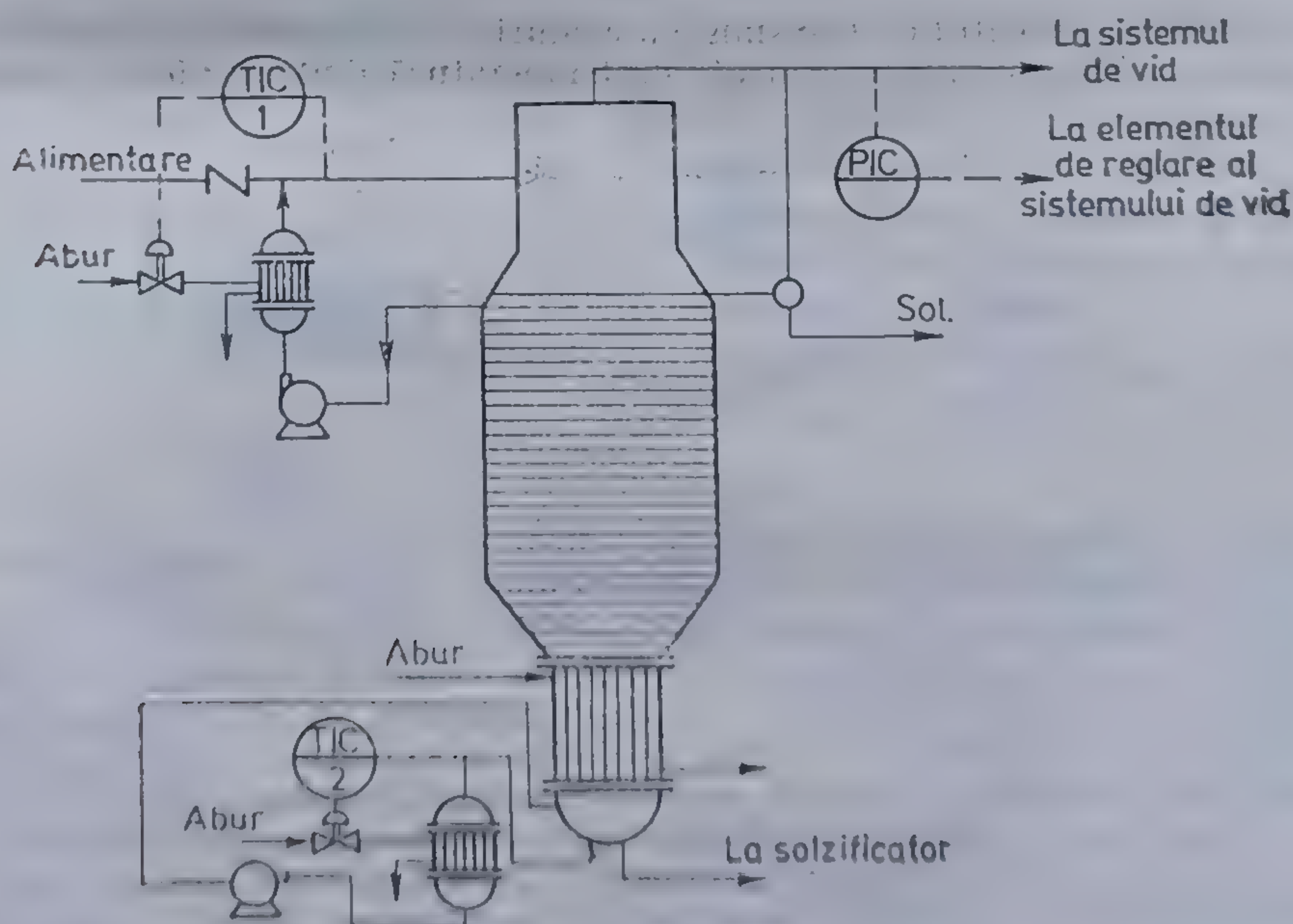


Fig. A.43. Sistem de automatizare a procesului de cristalizare:

$TIC_1$  — reglarea temperaturii pe alimentarea coloanei prin modificarea debitului de agent termic;  $TIC_2$  — reglarea temperaturii produsului recirculat prin modificarea debitului de agent termic;  $PIC$  — reglarea presiunii prin modificarea debitului de produs de vid.



corespunzător atât pentru soluția ce se introduce în cristalizator, cât și pentru soluția concentrată ce se recirculă. Sistemul de reglare se poate extinde și cu măsurarea stratului de cristale în suspensie în cristalizator în vederea ajustării optime a parametrilor energetici.

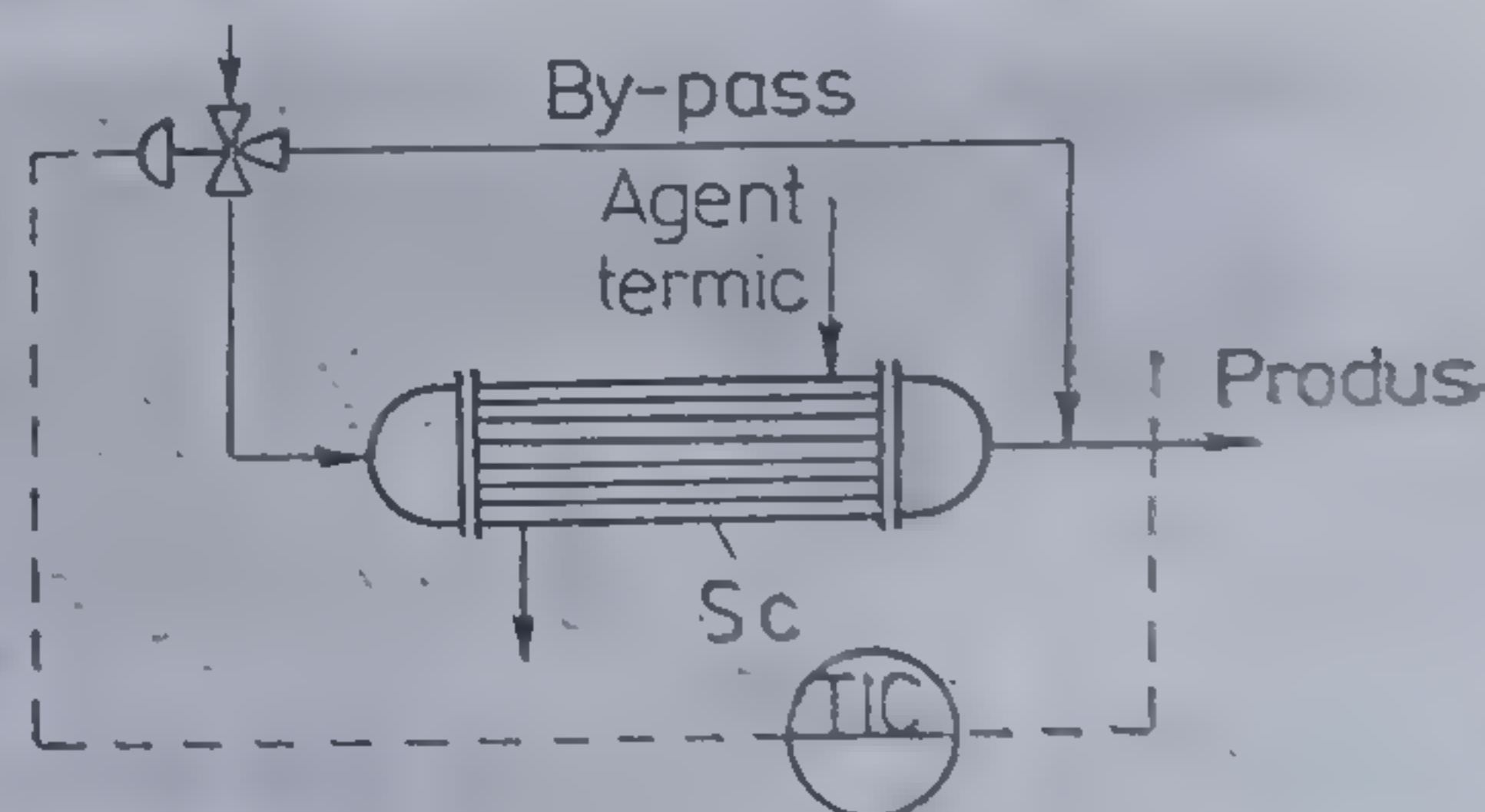
automatizarea procesului de transfer de energie în industria chimică, soluție tehnică constând, în principal, din reglarea debitelor diferiților agenți termici în scopul menținerii controlului asupra temperaturii produselor fără conversia energiei (în schimbătoare de căldură) sau cu conversia energiei (în reactoare chimice, cuploare, pompe și compresoare). Cazurile tipice de automatizare a transferului de energie se referă la următoarele procese și instalații din industria chimică: a) automatizarea transmisiei căldurii prin amestecare directă: procedeu de reglare a transmisiei căldurii utilizat în instalațiile unde doi sau mai mulți curenți de fluid se amestecă (amestecarea este compatibilă) pentru a controla astfel temperatura amestecului (de ex., amestec de abur cu apă). Reglarea debitului nu constituie o cerință, și pentru reglarea temperaturii se utilizează un ventil de amestecare cu trei căi. În cazul a două fluide ce se amestecă, cu debitele  $F_1$  și  $F_2$  având debitul sumă  $F$ , pentru reglarea temperaturii finale  $T$  se poate acționa asupra debitului  $F_2$ , care se poate mări simultan cu micșorarea lui  $F_1$ . În unele amestecătoare de acest tip reglarea temperaturii amestecului poate fi completată cu reglarea debitului total sau cu impunerea unor condiții de protecție asupra surselor de presiune; b) automatizarea transmisiei căldurii la schimbătoarele de căldură fluid — fluid: procedeu de reglare a transmisiei căldurii în instalații la care curenții de fluid sînt menținuți izolați între ei prin suprafețe de separare (fig. A.44). Condițiile de contact determină debitul transmisiei căldurii,  $Q$ :

$$Q = W \cdot S \cdot \Delta T_m$$

unde  $W$  este coeficientul de transmisie a căldurii,  $S$  — suprafața de transmisie a căldurii și  $\Delta T_m$  — diferența medie de temperatură dintre fluide. Deoarece

Fig. A.44. Sistem de automatizare a schimbătoarelor de căldură fluid-fluid:

TIC — reglarea temperaturii produsului prin dozarea debitului de produs; Sc. — schimbător de căldură



temperatura produsului final variază cu debitul de căldură transmis, la majoritatea schimbătoarelor de căldură reglarea temperaturii se face prin reglarea debitului de produs, cu menținerea la debit constant a agentului termic. Existența by-pass-ului micșorează decalajul de timp dintre o variație a poziției ventilului de reglare și modificarea temperaturii finale a produsului; c) automatizarea fierberii lichidelor și condensării vaporilor: procedeu tehnic care constă în reglarea debitului de abur utilizat ca mediu încălzitor pentru influențarea directă a vitezei de vaporizare. Deoarece temperatura mediului care fierbe sau condensează variază foarte puțin între intrarea și ieșirea din schimbător, din punctul de vedere al reglării este avantajos să se producă o schimbare de fază. Măsurarea debitului masic  $G$  al mediului care fierbe sau condensează este o măsură indirectă a debitului de căldură transmis, deoarece prin proces trebuie practică luată sau cedată căldura latentă  $\lambda$ , conform relației:

$$Q = G \cdot \lambda$$



În cazul unui condensator, modul cel mai eficient de reglare este de a varia aria suprafeței prin care se face transmitia de căldură (fig. A.45). Se comandă în acest scop debitul de condens ce se evacuează în sensul umplerii parțiale

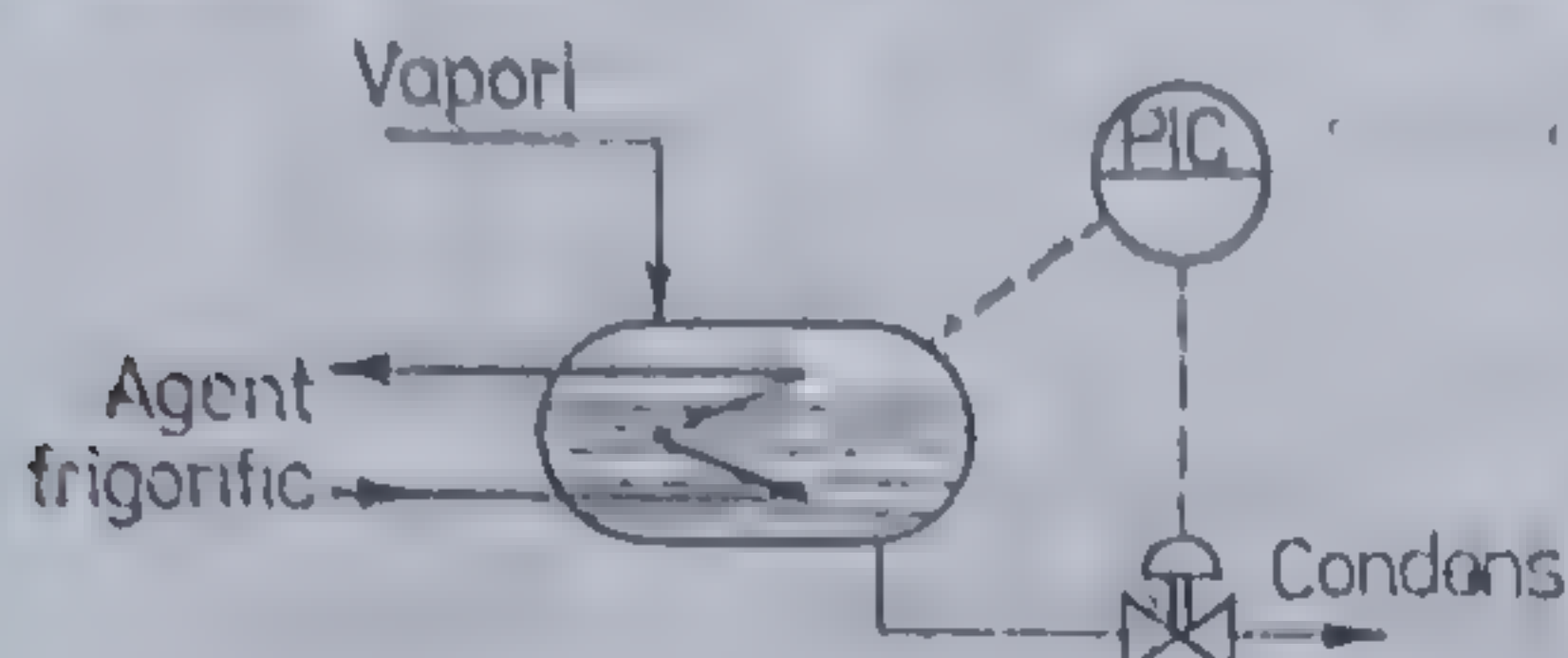


Fig. A.45. Sistem de automatizare a condensatoarelor:

PIC — reglarea presiunii de vapori prin modificarea debitului de condens

cu condens a schimbătorului, ceea ce reduce suprafața disponibilă pentru condensare; d) automatizarea procesului de ardere: procedeu tehnic de reglare a temperaturii flăcării, în scopul ridicării temperaturii produselor de ardere la o valoare impusă. Debitul caloric  $Q$  produs prin arderea unui debit masic  $G_c$  de combustibil, avînd căldura de ardere  $c_a$  este:

$$Q = G_c \cdot c_a$$

Debitul caloric  $Q$  ridică temperatura combustibilului și a aerului pînă la temperatura flăcării  $T$ :

$$Q = G_c \cdot h_c(T - T_c) + G_{aer} h_{aer}(T - T_{aer})$$

unde  $h_c$ ,  $h_{aer}$ ,  $T_c$ ,  $T_{aer}$  sînt căldurile specifice medii și temperaturile de intrare ale combustibilului și aerului. În practică procesul arderii combustibilului se conduce cu un control al excesului de aer (fig. A.46). Reglarea arderii se face în

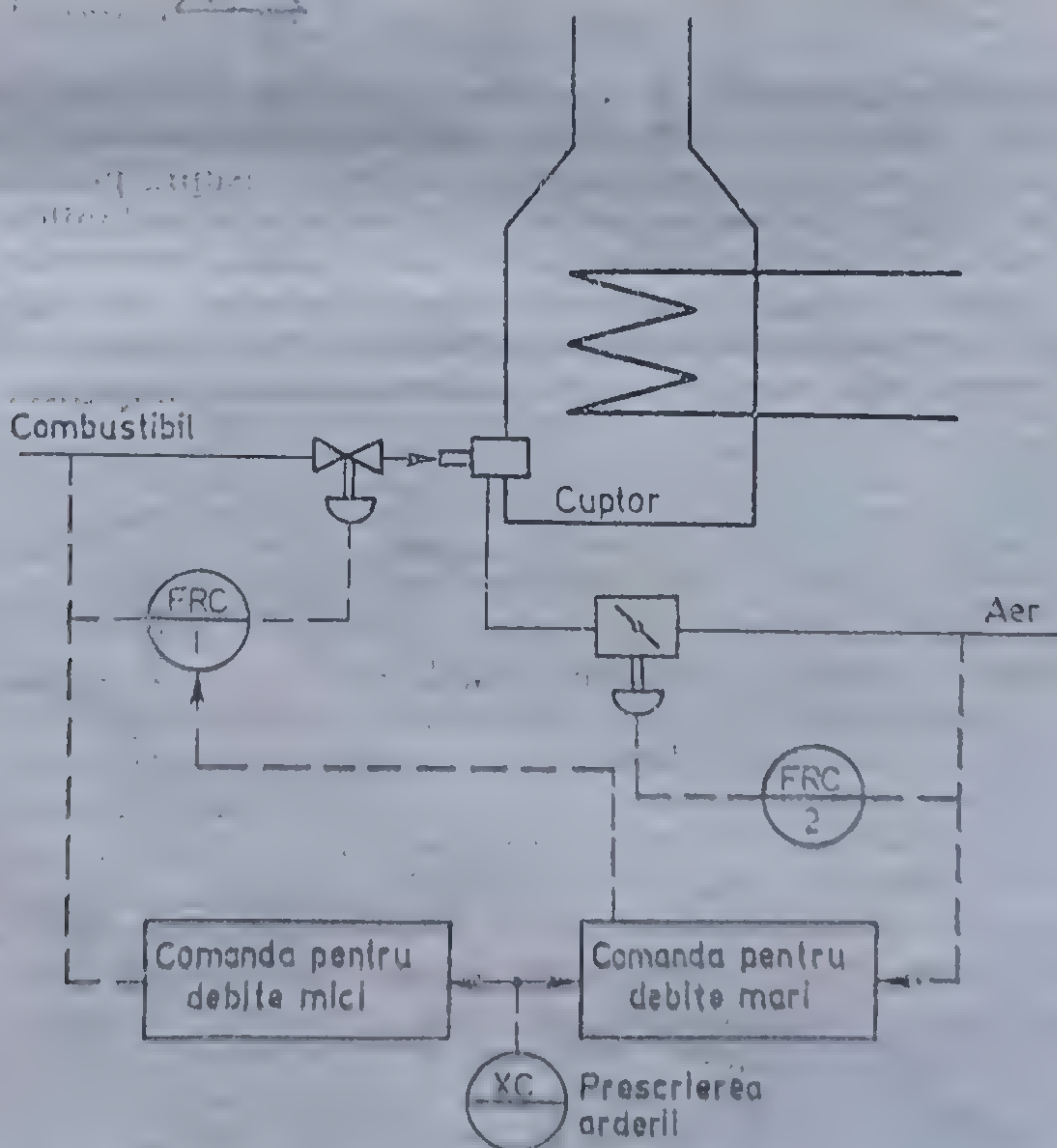


Fig. A.46. Sistem de automatizare a procesului de ardere:

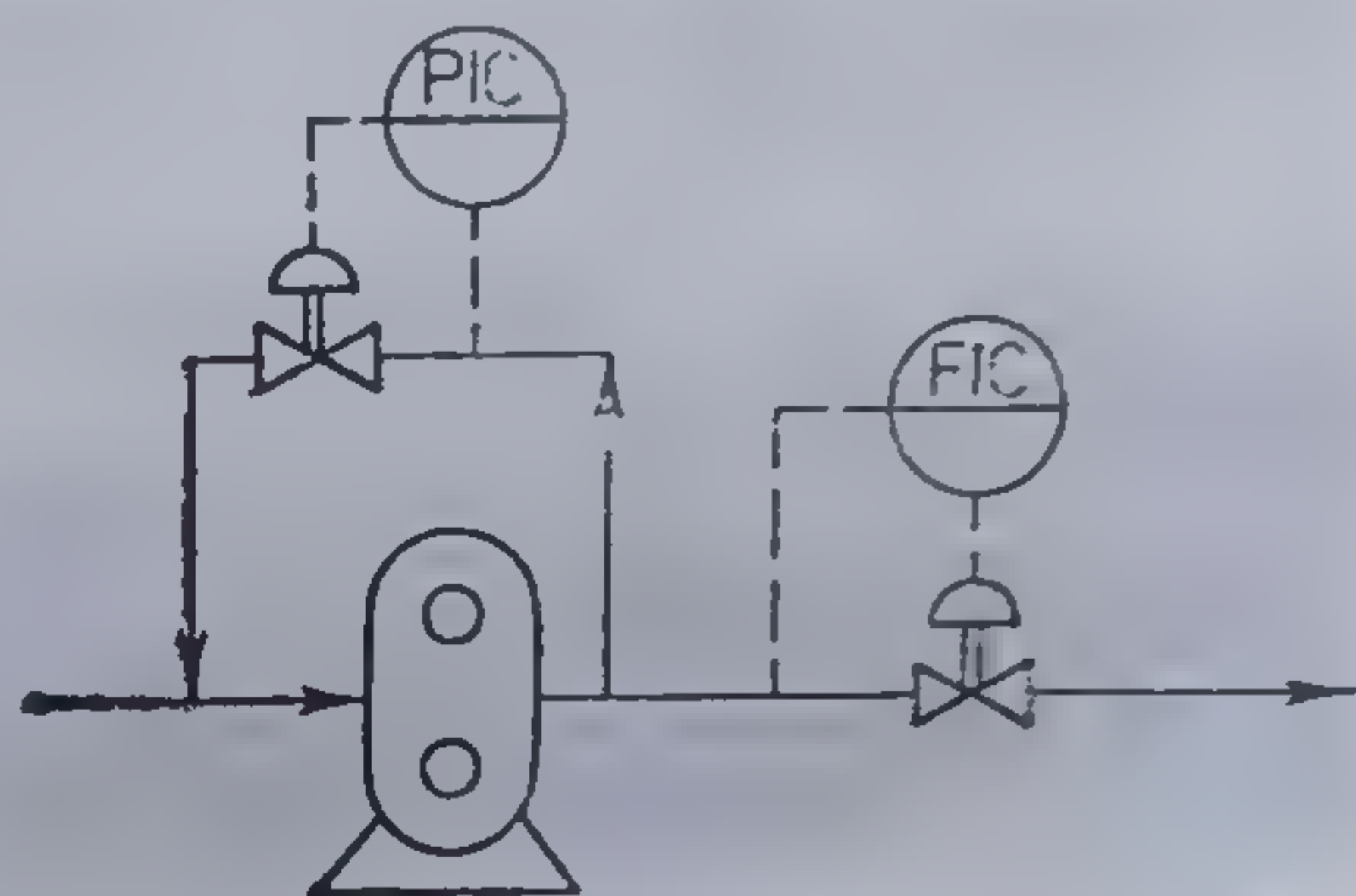
FRC/1 — reglarea debitului de combustibil; FRC/2 — reglarea debitului de aer; XC — comanda reglării arderii



funcție de conținutul de oxigen măsurat în produsele arderii sau în funcție de un alt parametru considerat esențial în proces (de ex., temperatura aburului supraîncălzit din tambur sau presiunea aburului la cazanul generator de abur); e) automatizarea pompelor și a compresoarelor: procedeu tehnic care are drept scop reglarea debitului și a presiunii fluidelor ce intervin în procesele chimice. În cazul pompelor volumetrice un volum de fluid este vehiculat între aspirație și refulare la fiecare rotație a arborelui, respectiv mișcare a pistonului în mod periodic, urmărindu-se eliminarea pulsațiilor debitului de ieșire, de ex. prin amortizare cu pernă gazoasă montată în refulare. La utilizarea pompelor volumetrice cu roți dințate sau cu palete, reglarea debitului se face prin montarea unui ventil de reglare în by-pass-ul pompei, cu descărcarea printr-un alt ventil de reglare (fig. A.47). În cazul compresoarelor centrifugale, la care debitul

Fig. A.47. Sistem de automatizare a pompelor volumetrice:

*PIC* — reglarea presiunii de refulare; *FIC* — reglarea debitului de refulare



este proporțional cu diferența de presiune între refulare și aspirație în funcționare normală, măsurarea debitului în aspirația compresorului, deci indirect măsurarea unei presiuni diferențiale, este o indicație asupra punctului de funcționare și deci o apreciere asupra rezervei față de zona de instabilitate în care se manifestă pulsații. Regulatorul de debit, care comandă ventilul de by-pass imediat ce debitul măsurat scade sub valoarea minimă, este comandat de o mărime dată de blocul de calcul a cărui intrare este presiunea diferențială a întregului sistem (fig. A.48). Alegerea coeficientului de amplificare  $K$  rezultă

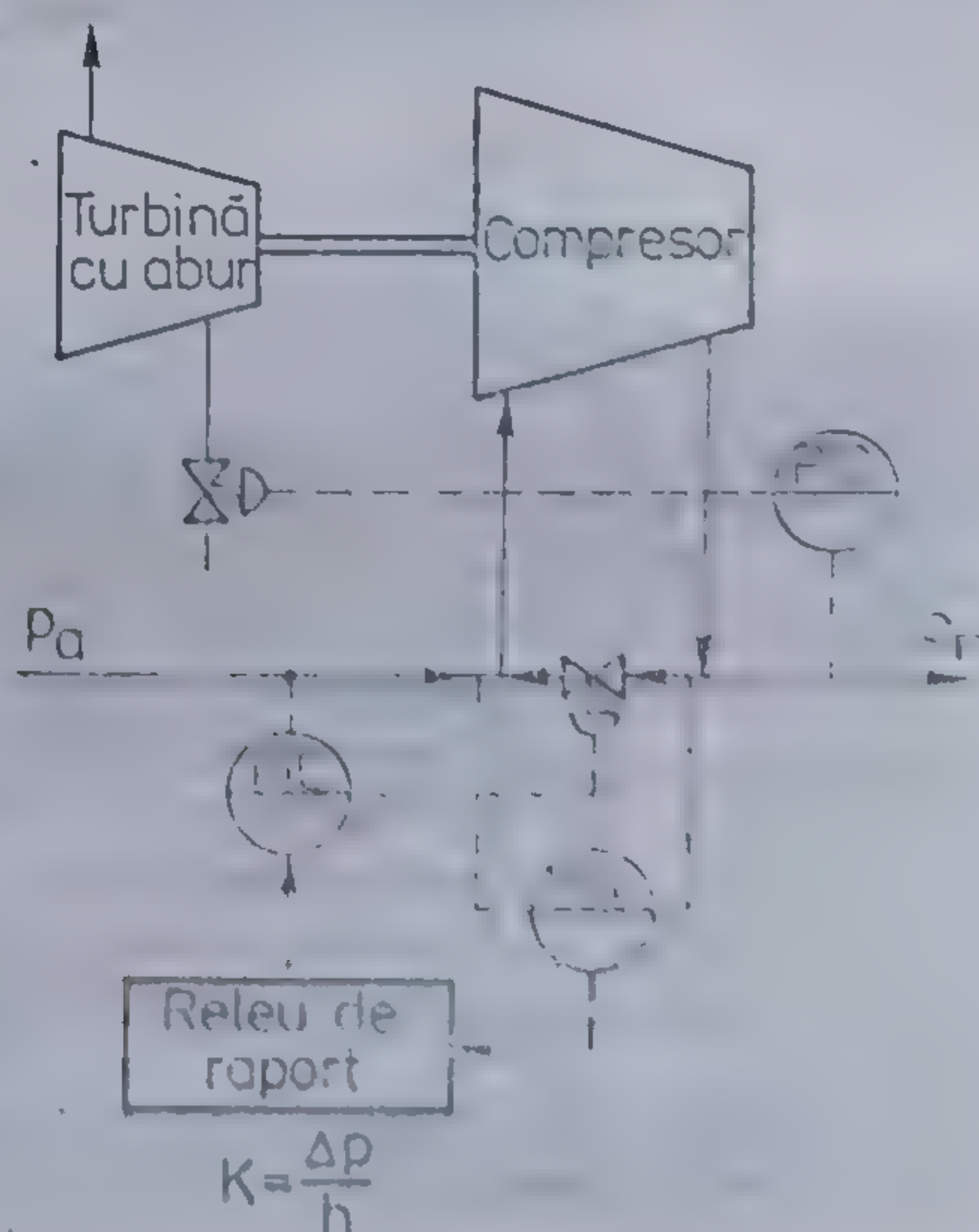


Fig. A.48. Sistem de automatizare a compresoarelor:

*PIC* — reglarea presiunii de refulare prin modificarea debitului de alimentare cu abur a turbinei; *FIC* — reglarea debitului de produs, prin modificarea debitului de recirculare cu corecție după căderea de presiune pe ventil *PDIC*



din raportul  $\Delta p/h$ , unde  $\Delta p = p_r - p_a$  și  $h$  este domeniul dispozitivului de transmitere a presiunii diferențiale pentru măsurarea debitului.

automatizarea procesului la furnale, procedeu tehnic de reglare a transferurilor de masă și energie în furnale, cu scopul reducerii minereului de fier și al obținerii fontei cu structură și temperatură date. Conducerea automată a furnalelor se face cu calculatoare de proces, care coordonează următoarele subsisteme de automatizare: subsistemul încărcăturii; subsistemul regimului termic; subsistemul fluxului de gaz; subsistemul funcționării furnalului. Automatizarea cîntăririi, transportului și încărcării asigură: calculul încărcăturii pentru elaborarea fontei din materiale date; comanda alegerii, cîntăririi și transportului materialelor spre schipuri; comanda încărcării materialelor în furnal. Automatizarea alimentării furnalului vizează dozarea materialelor, transportul lor spre elevator, încărcarea și distribuirea pe gura de încărcare. Sarcina subsistemului de automatizare a regimului termic constă în rejectarea perturbațiilor determinate de distribuția fluxurilor de gaze, de variația compoziției și a proprietăților fizice ale materialelor, în vederea obținerii calității stabile a fontei cu un consum minim de cocs. Schema structurală a subsistemului de automatizare a regimului termic este dată în fig. A.49. Se utilizează informațiile despre com-

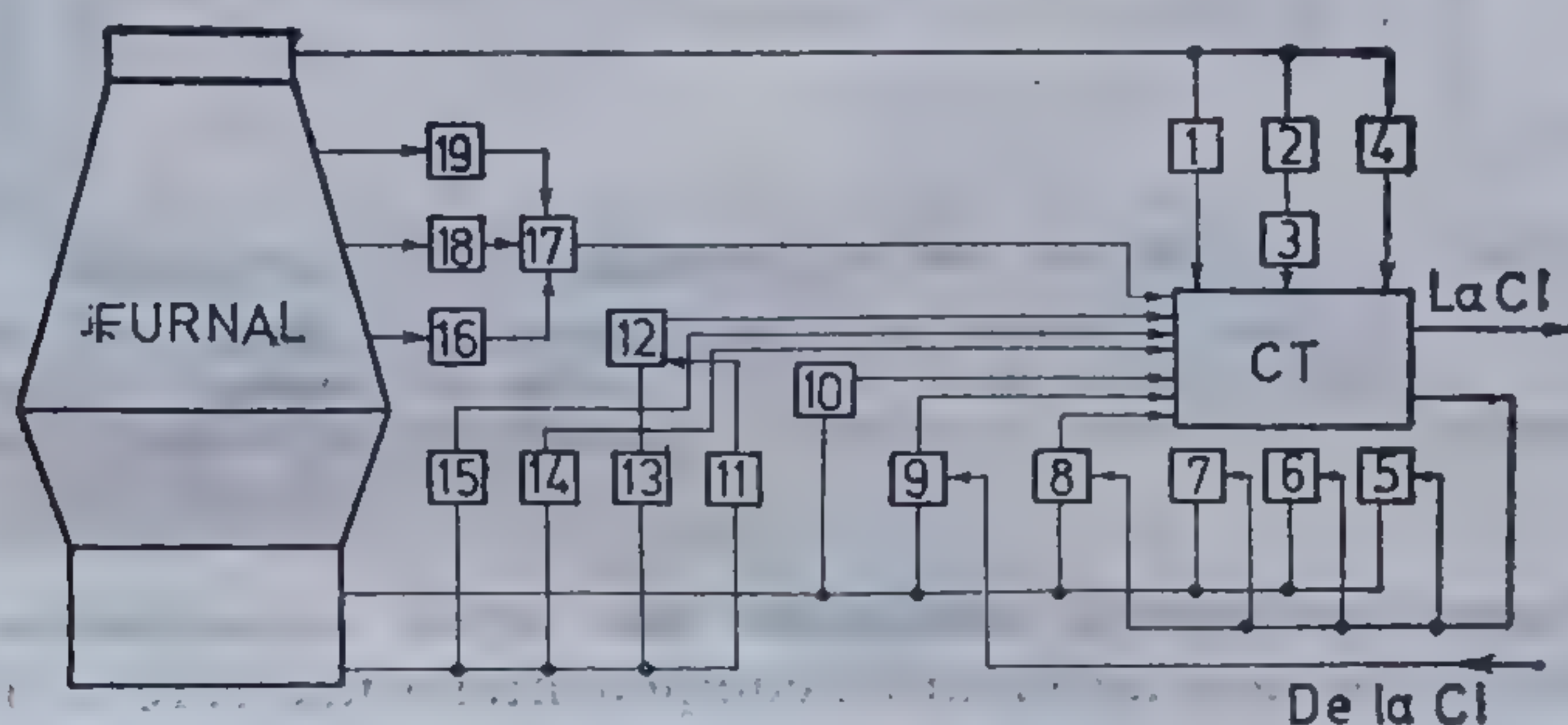


Fig. A.49. Sistem de automatizare a regimului termic:

1 — traductor de compoziție și temperatură ale gazului la gura de încărcare; 2, 3 — elemente de control a compoziției gazului; 4 — traductor de umiditate a gazului; 5 — traductor de temperatură a aerului; 6 — traductorul consumului de aer; 7 — traductor de umiditate a aerului; 8 — traductorul consumului de gaz natural; 9 — traductorul consumului de oxigen; 10 — traductorul temperaturii zonei gurilor de vînt; 11, 12, 13 — elemente de control ale compoziției fontei și zgurei; 14 — traductorul temperaturii fontei; 15 — traductorul temperaturii zgurei; 16, 18, 19 — traductoare de temperatură; 17 — element de măsură a cîmpului de temperatură în creuzet; CT — calculator

poziția și temperatura gazului la gura de încărcare, 1, despre cîmpul de temperatură în creuzet 17, măsurat cu sondele 16, 18, 19, despre temperatura zonei de la gurile de vînt 10, despre temperatura fontei 14 și a zgurii 15. Informațiile despre compoziția fontei și a zgurii 11, 12, 13 (de ex., conținut de siliciu și sulf în fontă) permit corectarea funcționării după rezultatele finale ale elaborării. Datele de control ale compoziției gazului de la gura de încărcare 2, 3 și ale umidității sale 4 permit calculatorului CT să corecteze încărcarea și să elibereze informații despre temperatura aerului 5, consumul de aer 6, umiditatea sa 7, și despre consumul de gaz 8 și de oxigen 9. Indicele de apreciere a distribuției optime a fluxului de gaze este dat de repartiția CO și CO<sub>2</sub> în gazul de la gura de încărcare a furnalului, măsurată cu sonde speciale. Sarcina de bază a sistemului de automatizare a distribuției fluxului de gaze pe secțiunea gurilor de vînt constă în menținerea regimului normal de funcționare a furnalului. Ca mijloace de comandă se utilizează: schimbarea ordinii de încărcare în furnal, corecția



programului de funcționare a distribuitorului rotativ, schimbarea nivelului de umplere și a masei încărcăturii (dirijarea de sus), schimbarea cantității, componenței, distribuției și temperaturii aerului (vântului) combinat și a gazului natural (dirijarea de jos). Subsistemul de reglare automată a funcționării furnalului asigură regimul maxim de vînt la funcționarea uniformă. Regimului uniform de coborîre (tasare) a coloanei îi corespunde o valoare optimă a consumului de aer cald. Acțiunile principale de comandă ale funcționării furnalului sînt modificarea ordinii de încărcare a materialelor cînd se încalcă condițiile de funcționare în partea superioară a furnalului, și schimbarea consumului de aer și a umidității lui la creșterea rezistenței zonei inferioare a furnalului (fig. A.50).

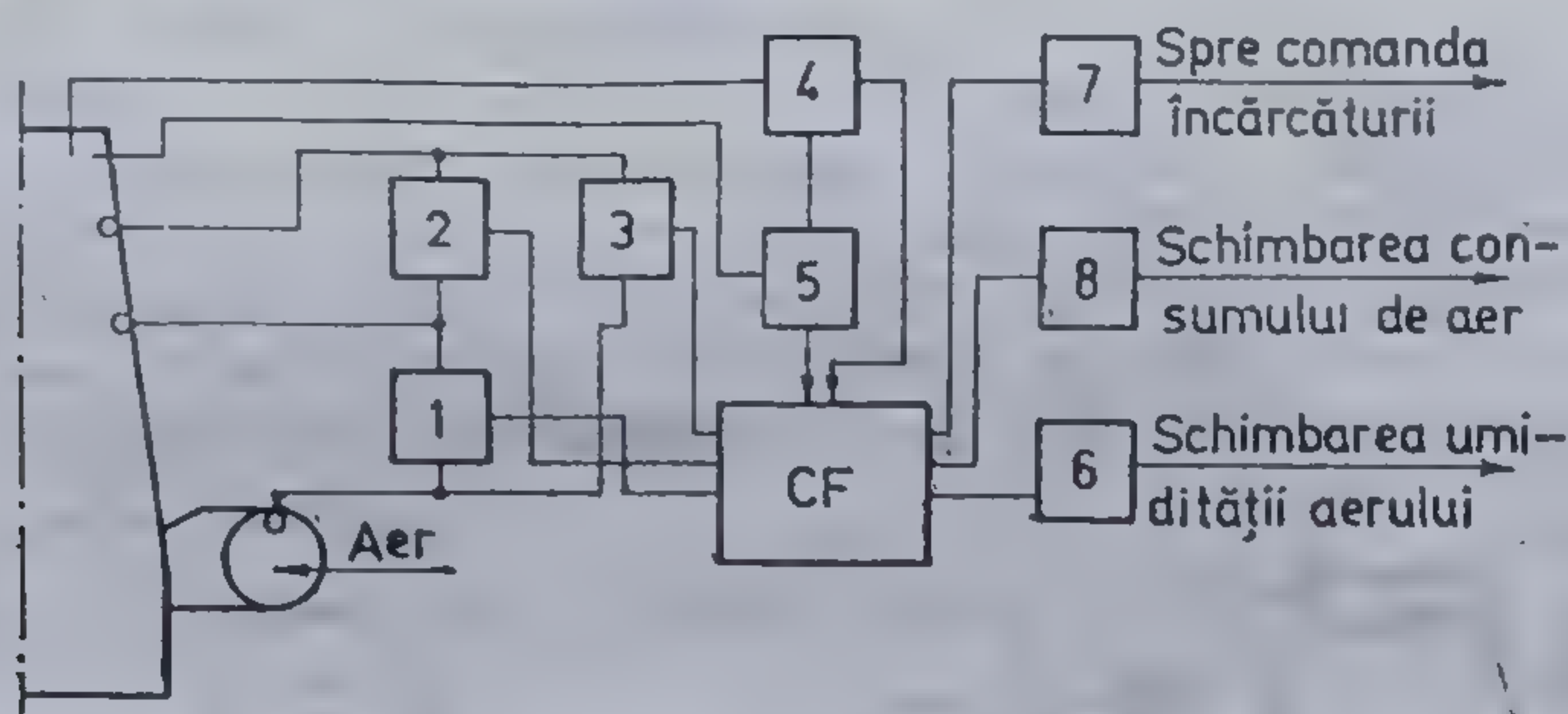


Fig. A.50. Sistem de automatizare a furnalului;

1, 2, 3 — traductoarele căderilor de presiune inferioară, superioară și totală; 4 — traductoarele de viteză a coloanei; 5 — traductorul distribuției  $\text{CO}_2$ ; 6 — sistem de comandă a umidității aerului; 7 — sistem de comandă a încărcăturii; 8 — sistem de comandă a consumului de aer; CF — calculator

automatizarea procesului tehnologic din uzine cocschimice, procedeul tehnic ce constă în dozarea automată a componentelor necesare obținerii cocsului utilizat la fabricarea fontei și în menținerea unui regim termic constant în sectorul cuptoarelor de cocsificare. Cocsul se obține prin încălzire, în absența aerului, a cărbunilor cocsificabili (huile) la temperaturi de  $900 \dots 1000^\circ\text{C}$ . În aceste condiții crește conținutul în carbon al reziduului solid (cocs) prin eliminarea unor produse de masă moleculară mai mică, ce se degajă sub formă de materii volatile (vapori de apă, de benzen, de gudron etc.). Procesul de cocsificare are loc în cuptoare grupate în baterii, construite astfel încît să existe un transfer cît mai mare de căldură de la peretele cuptorului la șarja de cărbune. Pentru obținerea unei anumite calități a cocsului în funcție de sorturile de cărbune este necesar să se realizeze un amestec al acestora într-un anumit raport, dat de o rețetă prestabilită, și menținut riguros constant prin automatizarea operației de dozare. Cărbunele este extras din silozuri cu ajutorul unei benzi dozatoare și deversat pe banda colectoare. Reglarea cantității de cărbune deversată pe banda colectoare se face prin reglarea vitezei motorului de antrenare a benzii dozatoare. Cele mai importante operații automatizate în sectorul cuptoarelor de cocsificare sînt: inversarea focului în camerele de ardere ale cuptoarelor, menținerea unui regim termic constant în aceste camere prin reglarea automată a tirajului și menținerea constantă a presiunii în colectorul de gaz brut. Inversarea focului în camerele de ardere ale cuptoarelor de cocsificare se face periodic (de ex., perioada este 20 min), cu scopul de a mări randamentul termic prin preîncălzirea aerului și a gazului de combustie sărac înainte de utilizare și pentru o încălzire cît mai uniformă a șarjel. Schema automată de inversare a focului în camerele de ardere este realizată cu elemente de



comutație statică, asigurând succesiunea operațiilor: oprirea alimentării cu gaz de combustie a camerelor de ardere ; schimbarea tirajului aerului în camerele de ardere ; alimentarea cu gaz de combustie din capătul opus. Reglarea presiunii în colectorul de gaz brut asigură menținerea presiunii din camera de cocsificare în permanență la o temperatură mai mare decât cea din camerele de ardere și decât cea atmosferică. Se utilizează în acest scop un regulator hidraulic de presiune, montat pe conducta de gaz brut imediat după colector (fig. A.51).

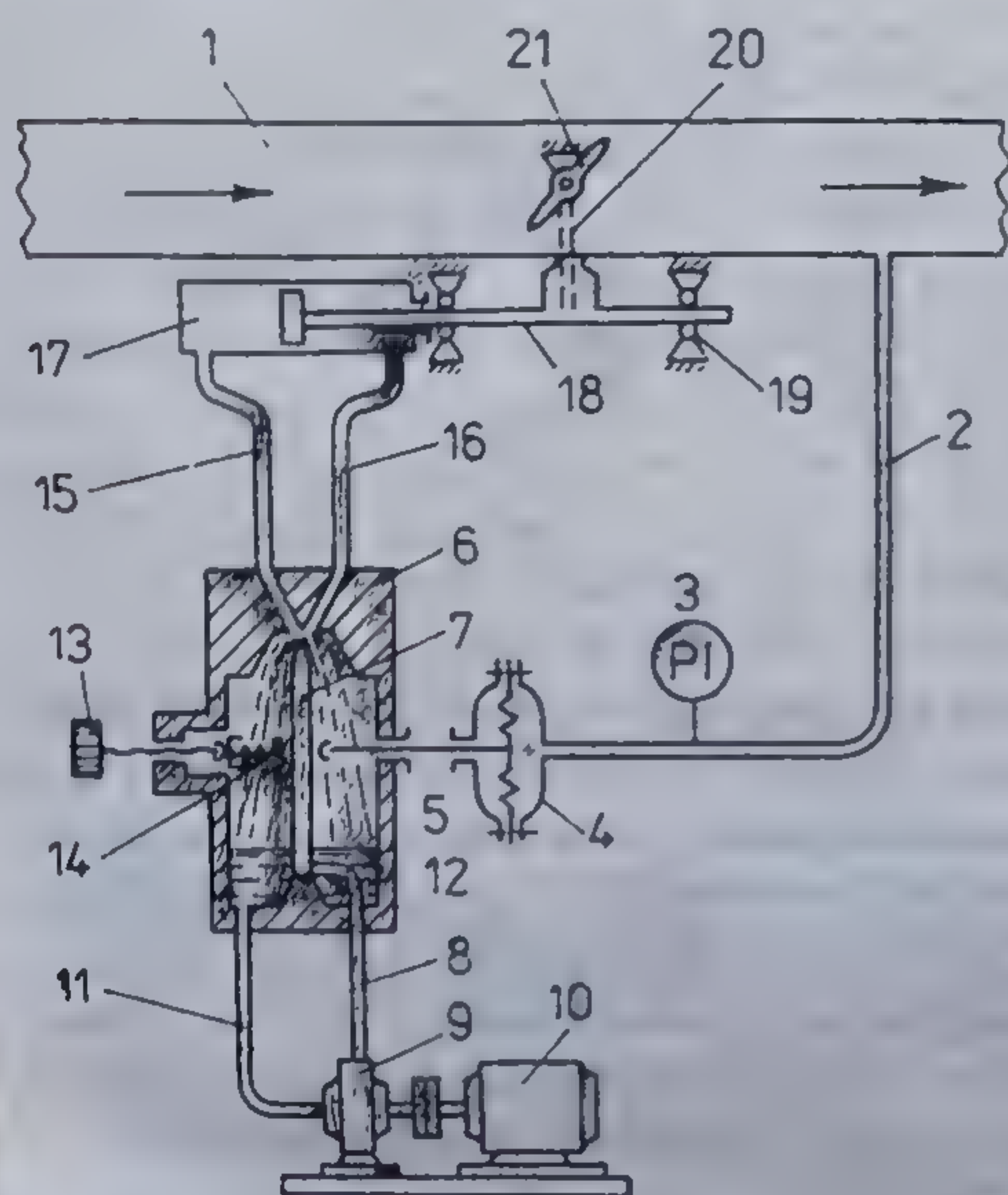


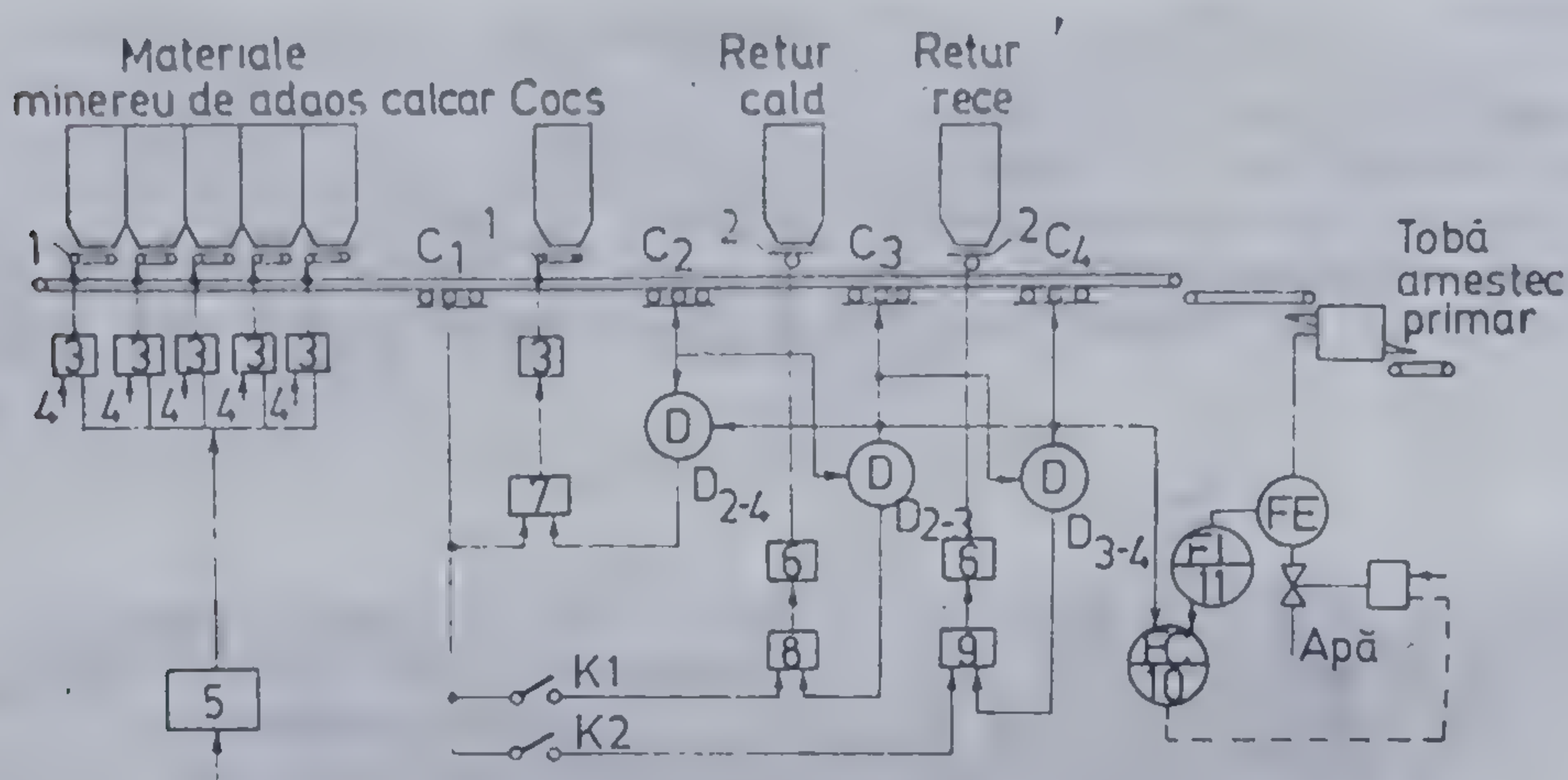
Fig. A.51. Reglarea presiunii în colectorul de gaz brut cu ajutorul regulatorului hidraulic:

1 — conducta colectoare; 2 — priza de presiune; 3 — manometru; 4 — traductor de presiune; 5 — tijă; 6 — corpul regulatorului; 7 — tub mobil; 8 — conductă de alimentare cu ulei a regulatorului hidraulic; 9 — pompă de ulei; 10 — motor; 11 — conductă de colectare a uleiului; 12 — membrana traductorului; 13 — șurub de prescriere a presiunii din conducta; 14 — arc; 15, 16 — conducte de alimentare cu ulei a motorului hidraulic; 17 — motor hidraulic; 18 — tijă; 19 — role de ghidare; 20 — manivelă; 21 — clapetă

O reglare suplimentară se mai realizează și în secția captare condens, la exhaustoare.

automatizarea procesului tehnologic de dozare și aglomerare, procedează tehnic de reglare și de corelare a transferurilor de masă și energie a fazelor intermediare de dozare, amestecare, umidificare, aglomerare, concasare și sortare a componentelor unei șarje. Proporția între diferitele componente ale șarjei se stabilește în funcție de calitatea dorită a aglomeratului, fiind menținută constantă la variații ale vitezei benzii de aglomerare, deci ale cantității totale de amestec. În fig. A. 52 este prezentată o instalație de dozare automată a componentelor șarjei de aglomerare. Regulatorul 5 comandă variația debitelor de minereu, materiale de adaos și calcar în funcție de variația nivelului în buncărul tampon din secția aglomerare. Semnalul emis de acest regulator modifică valorile impuse instalațiilor 3 de dozare, conform rețetei de amestec. Cantitatea totală de minereu și calcar este cântărită cu cântarul de bandă  $C_1$  și este transmisă reguletoarelor pentru cocs 7, retur cald 8 și retur rece 9. Regulatorul cantității de cocs primește semnal de la comparatorul  $D_{2-4}$ , ce face diferența între cantitățile cântărite de cântarele  $C_2$  și  $C_4$ . Acest semnal este proporțional cu cantitatea de retur; deci în funcție de cantitatea totală de minereu, calcar și retur, regulatorul 7 comandă instalația de dozare cu bandă extractoare pentru cocs. În funcție de cantitatea totală de minereu, regulatorul 8 stabilește cantitatea de retur cald prin închiderea întreruptorului  $K_1$ . Deoarece dozatorul returului cald este volumic, antrenat de un motor de curent continuu cu turație reglabilă, dar fără posibilitatea de cântărire a materialului extras, semnalul de reacție pentru această buclă se obține în elementul de comparație  $D_{2-3}$ . Cantitatea de





De la schema de măsură a nivelului  
din buncărul tampon din secția aglomerare

Fig. A.52. Instalație automată de dozare a componentelor șarjei de aglomerare:

1 — dozator gravimetric cu bandă; 2 — dozator volumic cu taler; 3 — schema de reglare a dozatorului gravimetric; 4 — valori impuse pentru componentii amestecului; 5 — regulatorul cantității totale de amestec; 6 — bloc de reglare a turației dozatorului cu taler; 7 — regulatorul cantității de cocs; 8 — regulatorul cantității de retur cald; 9 — regulatorul cantității de retur rece; 10 — regulatorul cantității de apă; 11 — traductor de debit; 12 — servomotor.

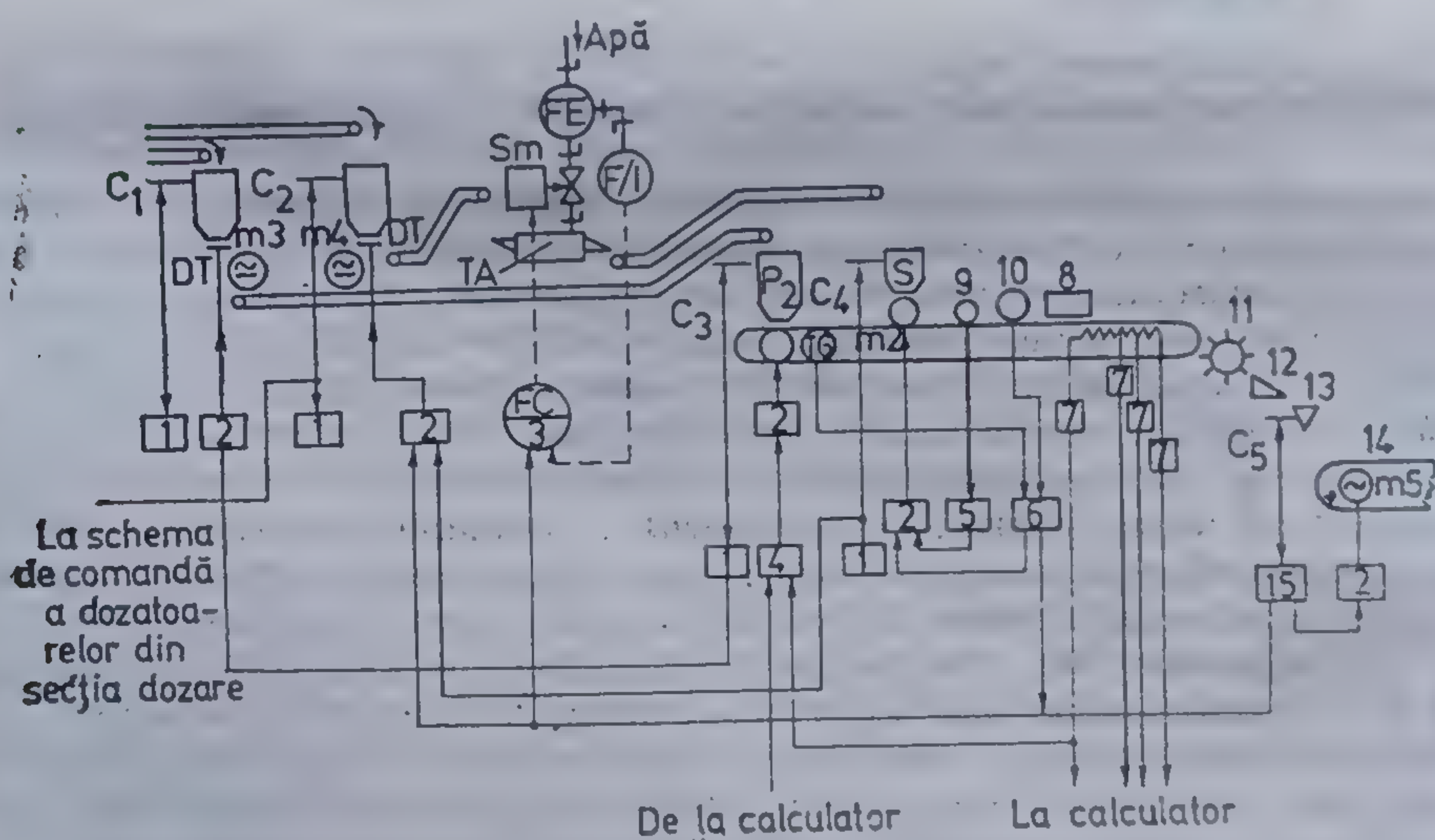


Fig. A.53. Instalație de reglare a mașinii de aglomerare:

1 — instalație de măsură a nivelului în buncăr; 2 — instalație de reglaj a motoarelor de curent continuu; 3 — regulatorul cantității de apă; 4 — regulatorul vitezei benzii de aglomerare; 5 — regulatorul înălțimii stratului de material; 6 — element de calcul; 7 — traductoare de temperatură; 8 — focar de aprindere; 9 — sondă palpatoare; 10 — traductor de poziție; 11 — concasor; 12 — sită; 13 — pîlnie de vărsare; 14 — răcitor;  $P_1$  — buncăr tampon de pat; A — buncăr tampon de amestec; DT — dozator cu taler; TA — tobă de amestec secundar; Sm — servomotor;  $P_2$  — buncăr de pat; S — buncăr de șarjă; 15 — regulatorul vitezei de răcire.



apă ce se introduce în toba de amestec primar se stabilește de regulatorul 10, în funcție de cantitatea totală de amestec cântărită de cântarul  $C_4$ . Elementul de execuție este un servomotor ce acționează asupra vanei de pe conducta de apă, iar bucla de reacție este formată din traductorul de debit 11. Dacă întrerupătoarele  $K_1$ ,  $K_2$  sînt deschise, returul se dozează automat la o valoare impusă de operator, independent de variațiile cantității totale de minereu. Amestecul, adus de la secția de dozare, este depozitat într-un buncăr tampon de amestec, de unde este extras cu un dozator cu taler cu viteză variabilă și introdus în toba de amestec secundar. Amestecul este introdus într-un buncăr de dozare, de unde este preluat de un tambur de alimentare și depus pe grătarele benzii de aglomerare, peste un strat protector de aglomerat de o anumită granulație (patul de protecție). Aglomeratul pentru pat este extras din buncăr cu un dozator cu taler cu viteză constantă. Datorită variației într-un domeniu larg a vitezei mașinii de aglomerare și a mecanismelor de alimentare cu materiale, acestea sînt antrenate cu motoare de curent continuu, alimentate prin punți comandate cu tiristoare (fig. A.53). Nivelul materialelor în fiecare buncăr este măsurat cu ajutorul dozelor de cântărire  $C_1 - C_4$ . Cantitatea totală de amestec provenită de la secția de dozare este comandată de cântarul  $C_2$ , astfel ca nivelul materialului în buncărul tampon de amestec să rămână constant. Dozele  $C_3$ ,  $C_4$  care măsoară cantitatea de material din buncărul de pat, respectiv șarjă, comandă debitul extras din buncărul tampon de pat, respectiv amestec, de către dozatoarele cu taler  $DT$  prin variația turației motoarelor de curent continuu  $m_3$  și  $m_4$  pentru menținerea în anumite limite date a nivelului în cele două buncăre  $P_2$  și  $S$ . Viteza mașinii de aglomerare este comandată de regulatorul 4, pe baza unui semnal provenit de la calculatorul de proces, în funcție de valorile de temperatură din ultimele trei camere de depresiune. Umiditatea amestecului se stabilește de către regulatorul 3, în funcție de cantitatea totală de material. Focarul de aprindere a amestecului supus aglomerării este prevăzut cu o instalație de reglare automată a temperaturii. Pentru a păstra constant raportul aer/combustibil, o dată cu modificarea debitului de bigaz (obținut prin amestec între gazul de furnal și gazul metan în stația de bigaz) este modificat corespunzător și debitul aerului de combustie.

O metodă de conducere automată cu calculator a procesului de aglomerare este aceea de a stabiliiza compoziția granulometrică a componentelor încărcăturii, pe baza unor diagrame de permeabilitate a încărcăturii de aglomerare ( $p_i$ ) — umiditate ( $h_i$ ), analizate off-line pentru diverse dozaje ale componentelor, și transpuse în procesul de conducere on-line prin prescrierea de către calculator a mărimilor de referință pentru buclele de reglare din instalație.

**automatizarea proiectării → proiectarea asistată de calculator, → automatizarea programării**

**automatizarea programării**, metodă de elaborare a sistemului de programe destinate unui sistem de conducere care se bazează pe interacțiunea între proiectant și calculatorul de care acesta se servește. Proiectantul ia deciziile necesare, iar calculatorul efectuează activitățile de rutină. În prima fază proiectantul stabilește configurația sistemului de conducere, specificînd mărimile de intrare, de ieșire, tipurile de protocoale, modul de comunicare între operator și procesul condus. De regulă, generarea specificației sistemului de conducere se face interactiv, cu ajutorul calculatorului. În etapa următoare calculatorul generează baza de date a sistemului de programe și conectează modulele de program ce compun sistemul de programe necesar. În final are loc testarea (prin simulare sau pe instalație) a sistemului de programe generat și, în ultimă instanță, punerea în funcțiune a întregului sistem de conducere. Programele generate pot fi transportate, pe echipamentul de conducere direct (de ex., prin



conexiunea serială), prin intermediul unui suport magnetic (bandă, casetă, disc, disc flexibil etc.) sau prin intermediul memorii *EPROM*, corespunzător înscrise.

automatizarea reacțiilor chimice, procedeu tehnic de reglare a desfășurării reacțiilor chimice, ce asigură folosirea cu randament maxim a materiilor prime și a energiei pentru menținerea unor parametri între limitele necesare obținerii calității produsului finit rezultat din reacție. În a.r.c., ce au loc în reactoare, intervin reglări de debite, temperaturi și *pH*. După tipul reacțiilor, există două variante principale de automatizare a reactoarelor:

— automatizarea reactoarelor continue, procedeu tehnic de reglare a reacțiilor chimice ce se desfășoară în reactoare cu alimentare continuă cu debit constant, cu evacuare continuă a produsului și cu schimb constant energetic. Reactoarele continue asigură repartiția constantă în timp și spațiu a compoziției și temperaturii, reducându-se la minimum pierderile de produs și reactanți. În funcție de gradul de conversie, reactantul sau reactanții trebuie uneori recirculați, iar în funcție de natura procesului chimic poate fi recirculat mediul de vehiculare inert sau chiar produsul. Dacă unul din reactanți are o altă fază decât produsele sau decât ceilalți reactanți, el poate fi introdus automat cu același debit cu care se consumă, fiind o măsură a vitezei de reacție. În asemenea cazuri este necesară purjarea fie în faza gazoasă, în cazul introducerii reactantului gazos în funcție de presiune (fig. A.54, *a*), fie în fază lichidă, în cazul introducerii reactantului lichid în funcție de nivel (fig. A.54, *b*). Reacțiile exoterme sînt ini-

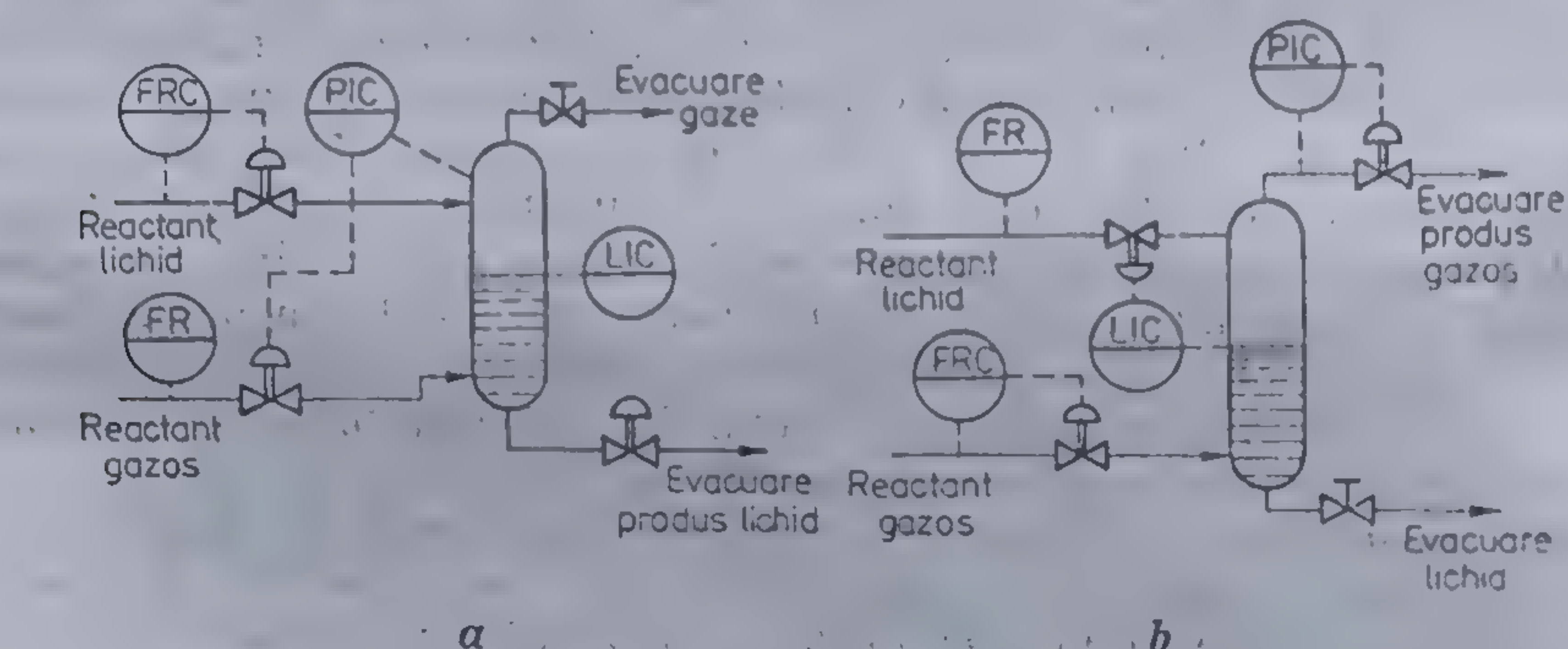


Fig. A.54. Sistem de automatizare a reactoarelor continue :

*a* — purjare în fază gazoasă ; *FRC* — reglarea debitului de reactant lichid ; *PIC* — reglarea presiunii prin modificarea debitului de reactant gazos ; *LIC* — reglarea nivelului prin modificarea debitului de produs lichid ;  
*b* — purjare în fază lichidă ; *FRC* — reglarea debitului de reactant gazos ; *PIC* — reglarea presiunii prin modificarea debitului de produs gazos ; *LIC* — reglarea nivelului prin modificarea debitului de reactant lichid.

țiate printr-o încălzire prealabilă. Reglarea temperaturii unei reacții exoterme se poate face ținând cont că punctul de fierbere a mediului de răcire este funcție de presiunea lui. Una dintre cele mai frecvent întâlnite reacții în industria chimică este cea de neutralizare, potrivit căreia se urmărește obținerea unui anumit raport între cei doi reactanți astfel ca produsul să fie cât mai aproape de valoarea neutră a *pH*-ului. În asemenea cazuri se folosește reglarea *pH*-ului prin folosirea a două ventile de reglare prin care se caută extinderea gamei de variație a debitului de reactant, ventilul cel mare avînd caracteristica echiprocentuală, ceea ce face să acționeze compensator față de neliniaritatea curbei de *pH* (fig. A.55). Acest sistem de reglare asigură totodată și necesarul de reactant față de un parametru calitativ, cît și compensarea curbei de *pH* ;



— automatizarea reactoarelor discontinue, procedeu tehnic avînd ca scop reglarea reacțiilor discontinue prin păstrarea unor parametri în limitele unor valori constante și prin respectarea unei succesiuni logice în eșalonarea etapelor reacției. La acest tip de reactoare trebuie furnizată mai întîi căldura necesară inițierii reacției, apoi această căldură trebuie evacuată pentru ca reacția să se desfășoare într-un timp minim (condiția de productivitate) după o lege care să

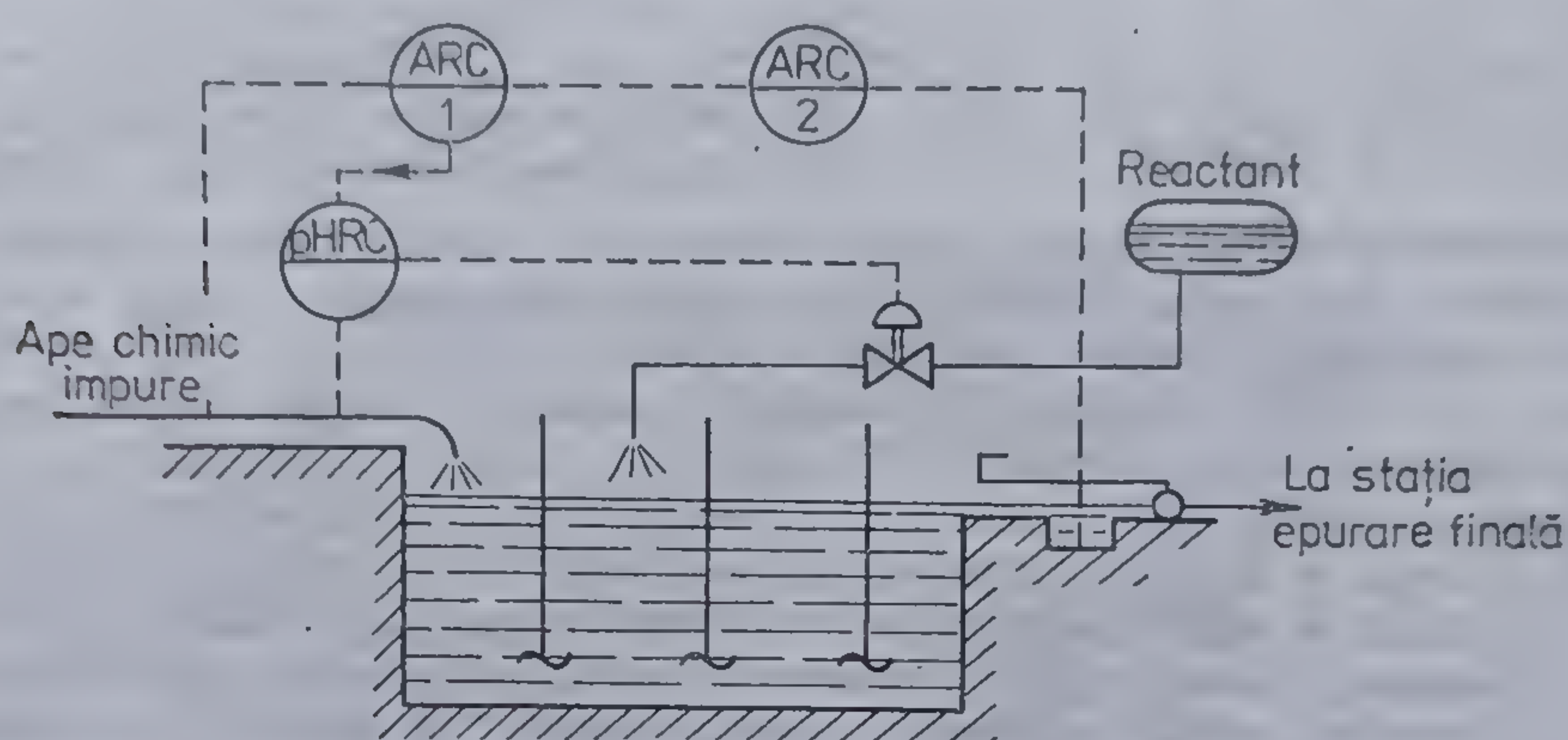


Fig. A.55. Reglarea pH-ului:

$ARC_{1,2}$  — reglarea dublă de pH prin modificarea debitului unui reactant cu corecție după debitul celui de-al doilea reactant.

evite șocurile termice. Supravegherea on-line a presiunii în reactor furnizează indicații asupra terminării reacției. Un exemplu de automatizare a unui reactor discontinuu este dat în fig. A.56.

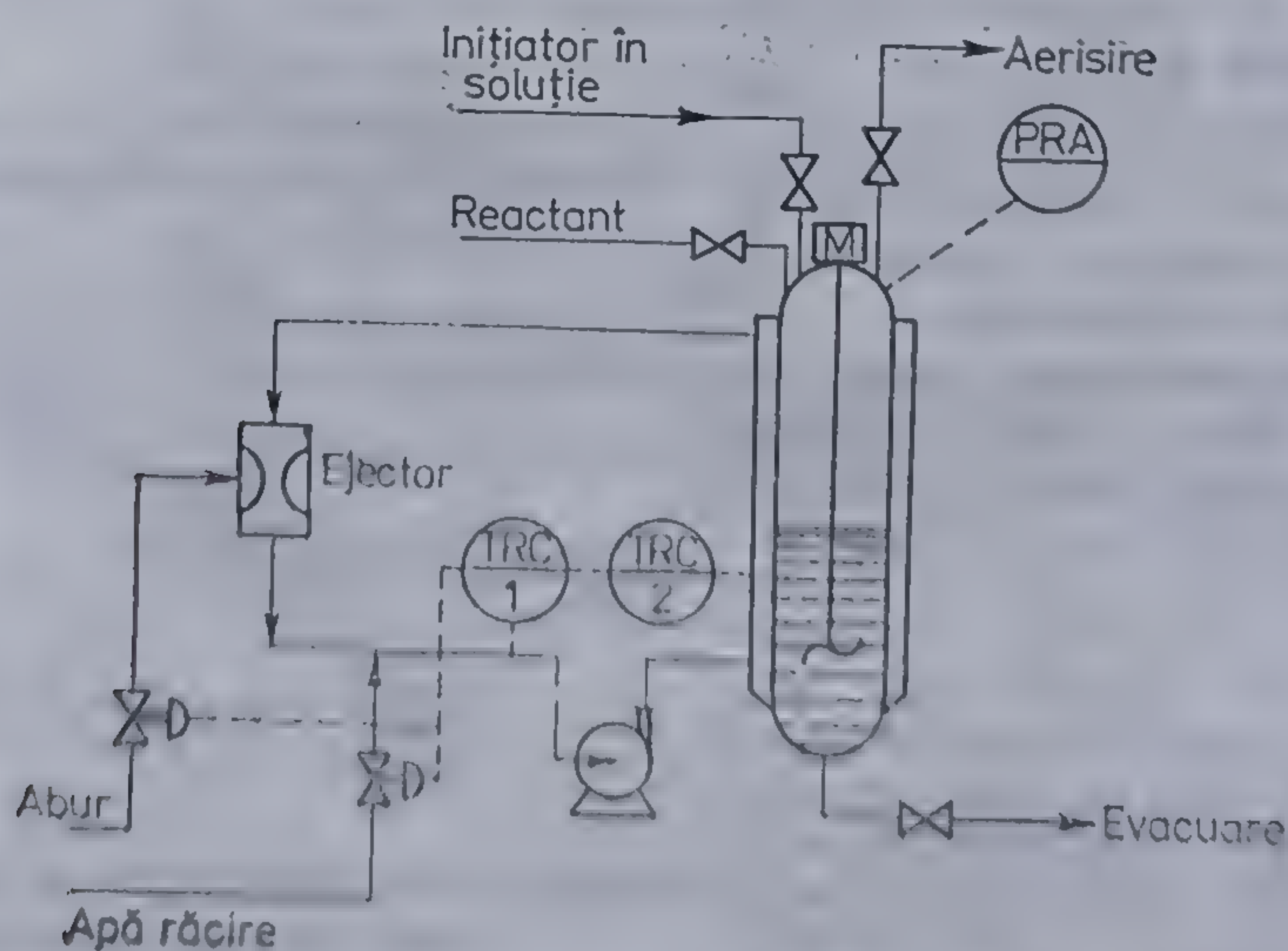


Fig. A.56. Sistem de automatizare a unui reactor discontinuu:

$TRC_{1,2}$  — reglarea temperaturii în cascade, prin modificarea debitului agentului termic de inițializare a reacției (abur), respectiv a debitului agentului de răcire.



automatizarea transporturilor tehnologice, soluție tehnică avînd drept scop încărcarea, transportarea și descărcarea mărfurilor cu ajutorul dispozitivelor și instalațiilor comandate după un program prestabilit. Transportul automat al mărfurilor presupune controlul operațiilor de: ridicare a mărfii din depozit sau vehicul, transportarea mărfii de la locul de depozitare pînă la vehicul sau de la vehicul pînă la locul de depozitare, așezarea mărfii la locul de depozitare sau alt vehicul, cît și al unor operații auxiliare, de ex., curățirea vagoanelor, spargerea minereurilor, ș. a. Instalațiile și dispozitivele comandate sînt: cărucioare mecanice (electrocare cu acumulatori, autocare, cărucioare mecanice pentru tractare), lopeți mecanice și instalații de scerpere, transportoare (cu bandă, elicoidale — de tip șnec), elevatoare și ascensoare (de ex., macarale).

automatizarea unui cazan, soluție tehnică de automatizare incluzînd mai multe circuite de reglare, diferite în funcție de tipul cazanului. La cazanele cu circulație naturală principalii parametri reglați, și deci și circuitele de reglare aferente, sînt: debitul de abur (în funcție de presiune), cantitatea de aer necesară arderii (în funcție de debitul de abur sau de presiunea acestuia), debitul de gaze arse (în funcție de depresiunea în focarul cazanului), debitul de condens injectat în treptele de supraîncălzire (în funcție de temperatura aburului supraîncălzit), debitul de apă de alimentare și debitul de purjă (în funcție de debitul de apă consumat). La cazanele cu tambur circuitele de reglare asigură: reglarea sarcinii cazanului, adică asigurarea combustibilului și aerului de combustie necesar în funcție de presiune; calitatea arderii, depresiunea în focar, temperatura și nivelul apei în tamburul cazanului. În fig. A.57 se prezintă o schemă de reglare pentru un cazan cu tambur. Regulatorul  $R_1$  reglează debitul de combustibil solid pe grătarul mobil din focar  $GR$ , a cărui viteză se poate modifica prin modificarea turației motorului  $M$ . Regulatorul  $R_2$  reglează debitul de aer de ardere, prin modificarea poziției clapetei  $C_1$ , în funcție de cantitatea și puterea calorifică a combustibilului, determinate prin măsurarea cu traductorul  $TF_1$  a debitului de abur furnizat de cazan și în funcție și de mărimea debitului de aer insuflat în focar (furnizat de  $TF_2$ ). Regulatorul  $R_3$  permite reglarea depresiunii măsurată de  $TD$  în camera focarului prin modificarea poziției clapetei  $C_2$  din canalul de absorbție a gazelor arse. Traductorul de nivel  $TL$  furnizează semnalul în funcție de care regulatorul  $R_4$  comandă ventilul  $V$  al admisiei apei de alimentare.

automatizarea unui cuptor cu combustibil gazos, soluție tehnică avînd drept scop reglarea regimului termic, reglarea procesului de ardere a combustibilului și reglarea circulației de gaze în interiorul cuptorului. Regimul termic se poate regla: prin reglarea temperaturii în cuptor (uzual prin variația debitului de combustibil, uneori prin variația debitului de aer preîncălzit); prin reglarea temperaturii gazelor arse, modificînd tem-

peratura în spațiul de lucru al cuptorului; prin reglarea temperaturii aerului de combustie, în funcție de debitul de gaze arse. Procesul de ardere se apreciază prin valoarea coeficientului de exces de aer, și se reglează prin menținerea unui

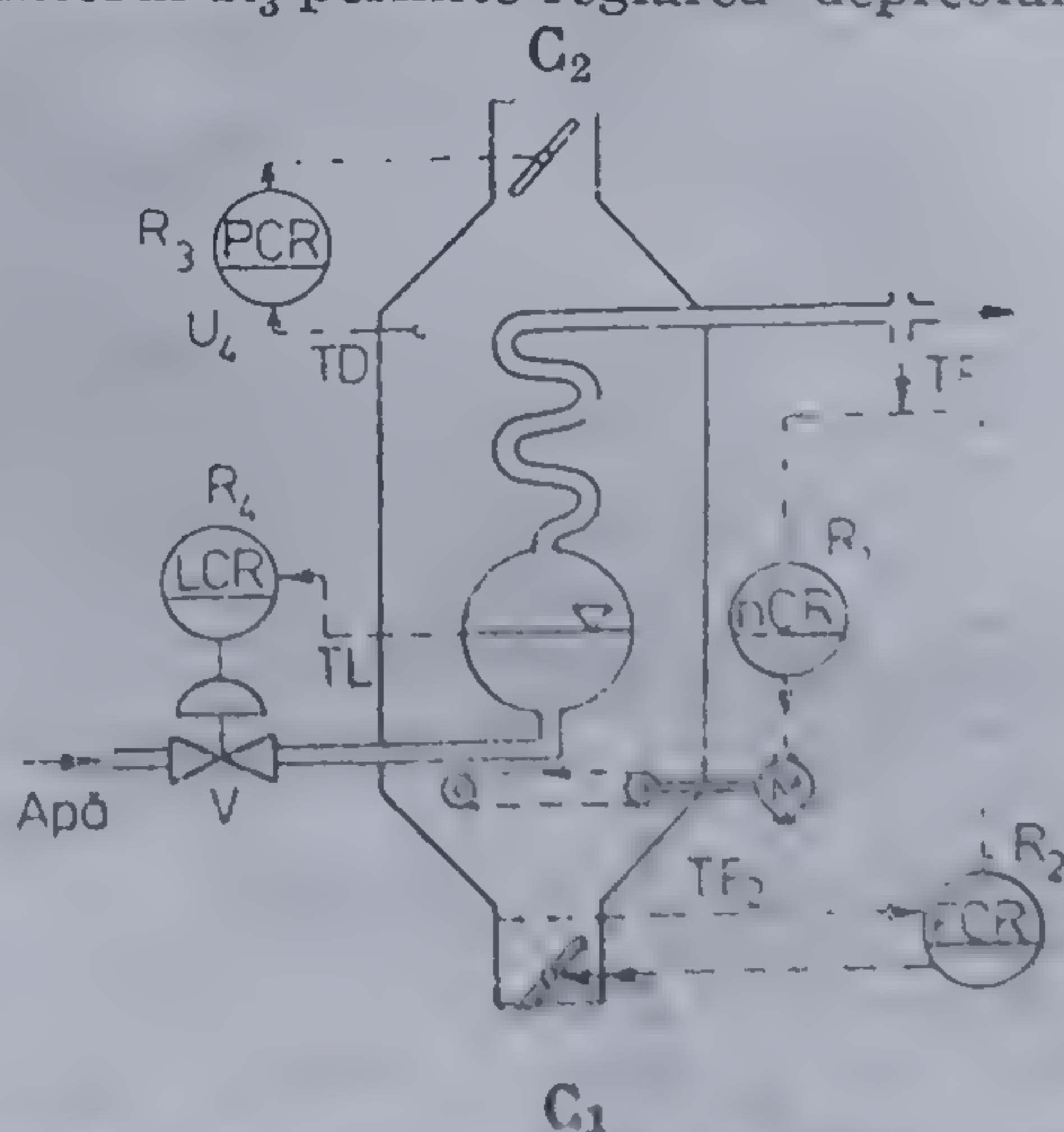


Fig. A.57. Sistem de automatizare a unui cazan cu tambur.



anumit raport debit de aer/debit de combustibil, în anumite cazuri utilizând și bucle suplimentare de reglare sau de corecție în funcție de parametrii caracteristici ai arderii (de ex., compoziția gazelor arse, presiunea fluidului de ardere). Modul de circulație a gazelor calde în cazan se apreciază prin valoarea presiunii din cuptor și se reglează în funcție de valoarea depresiunii pe canalul de gaze arse (tiraj). În fig. A.58 se prezintă o modalitate de interconectare a diferite bucle de reglare. Bucla *a* menține constant debitul de combustibil  $Q_c$  (prin regulatorul  $R_c$ ); bucla *b* reglează raportul debit de aer/debit de combustibil  $Q_a/Q_c$  (prin regulatorul de raport  $R_r$ ); bucla *c* reglează temperatura în cuptor (regulatorul  $R_t$ ), iar bucla *d* asigură reglarea presiunii în cuptor (regulatorul  $R_p$ ), prin modificarea debitului de gaze arse  $Q_{ca}$ .

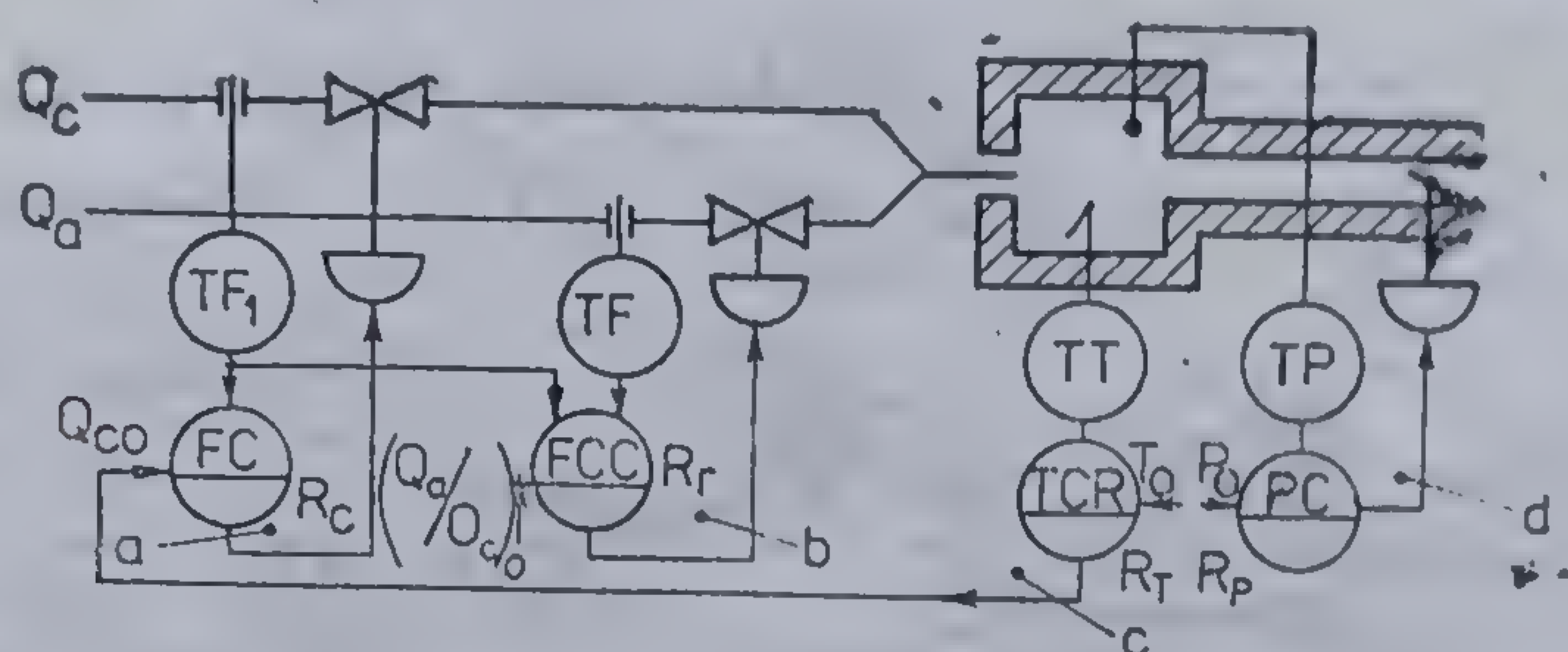


Fig. A.58. Sistem de automatizare a unui cuptor cu combustibil gazos.

automatizarea unui cuptor electric, soluție tehnică avînd drept obiectiv principal menținerea la o anumită valoare a temperaturii în incinta cuptorului. Pentru exemplificare în fig. A.59 se prezintă soluția de automatizare pentru un cuptor tunel la care se modifică, în funcție de valoarea temperaturii (măsurată cu un traductor de temperatură  $TT$  de tip pirometru de radiație totală), atât viteza de translație a benzii transportoare în tunel, cât și puterea electrică ce se disipă sub formă de căldură (prin modificarea tensiunii de alimentare, rezistența electrică a cuptorului fiind constantă). Deoarece capacitatea termică a cuptorului este mare (constantă de timp mare)

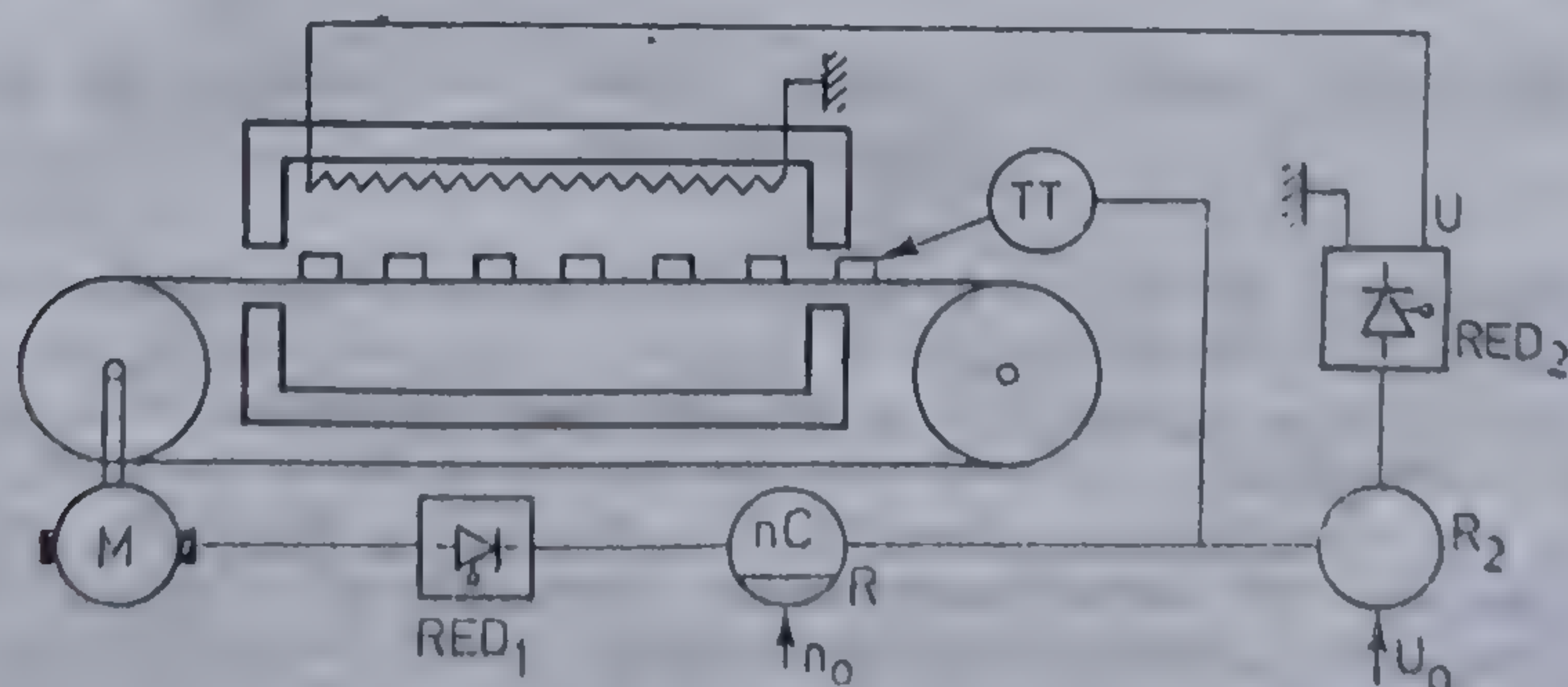


Fig. A.59. Sistem de automatizare a unui cuptor electric.

regulatorul de turație ( $R$ ) trebuie să intervină mai rapid, de ex., după o lege  $PD$ , în timp ce regulatorul de tensiune ( $R_2$ ) acționează după o lege de tip  $PI$ . Elementele de execuție sînt de același tip în ambele bucle de reglare, și anume, redresoare comandate cu tiristoare ( $RED_1$  și  $RED_2$ ).



automatizarea unui grup termoeenergetic, soluție tehnică prin care se asigură conducerea corectă a procesului termic, aprinderea și supravegherea automată a flăcării, protecții automate și semnalizări de preavarie și avarie, reglări automate convenționale pentru principalele mărimi (debit de apă de alimentare, sarcina cazanului, controlul combustiei cu corecție după  $O_2$  din gazele arse, depresiunea în focar, temperatura aburului prin comanda purjării cu condens, nivelul în preîncălzitoarele din turbină etc.) a ansamblului format cazan-turbină. Pentru exemplificare se consideră cazanul de abur de 120 t/h, 100 at, 540°C, cu combustibil gaz metan și păcură, care alimentează o turbină de 12 MW cu prize de termoficare. Cazanul, împreună cu aparatura de automatizare sint prezentate în fig. A.60, în care: 1 este regulatorul

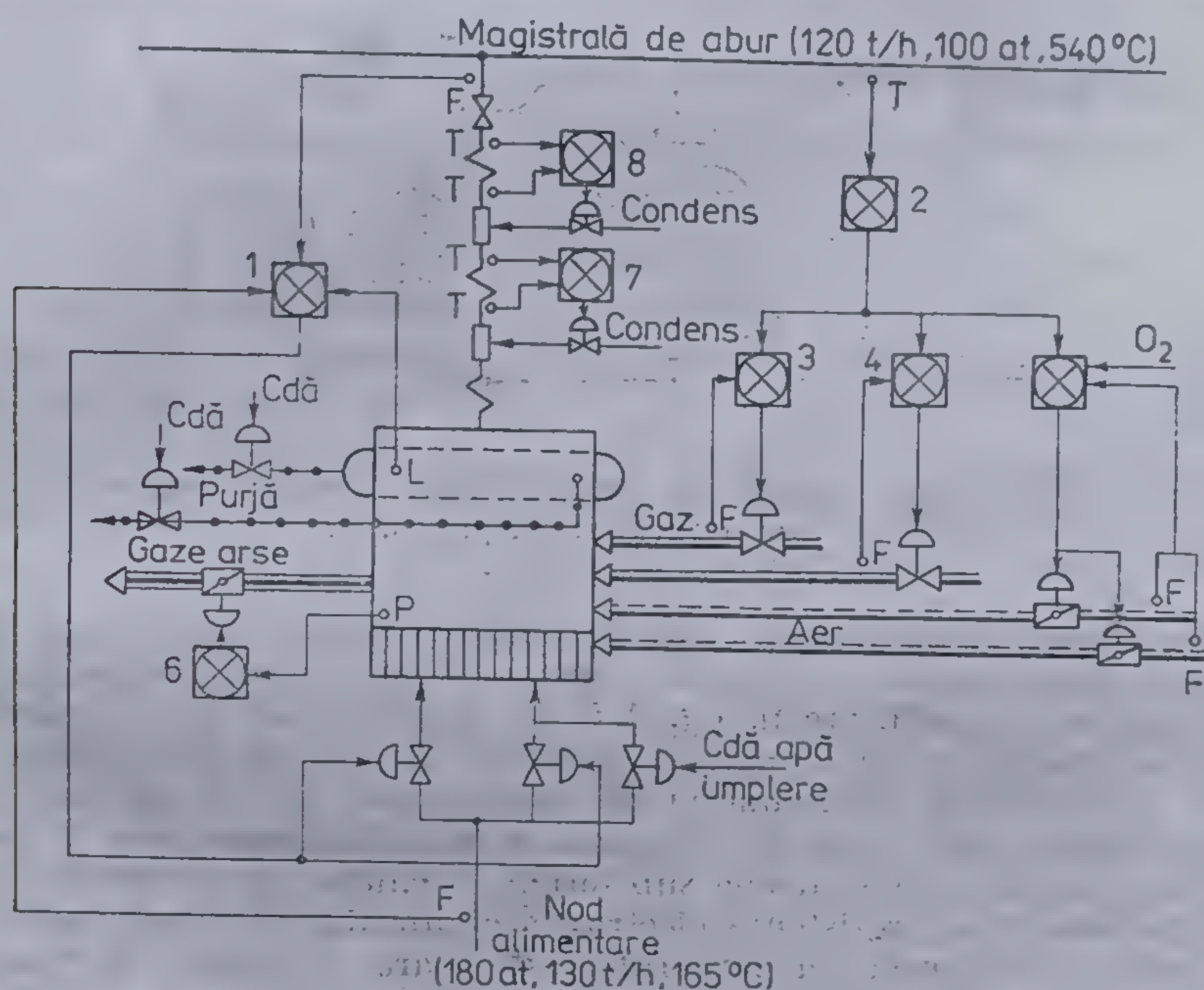


Fig. A.60. Sistem de automatizare a cazanului la un grup termoeenergetic.

pentru alimentarea cu apă; 2 — regulatorul principal pentru sarcină; 3, 4 — regulatoare pentru debitele de gaz și, respectiv păcură; 5 — regulatorul pentru debitul de aer; 6 — regulatorul pentru depresiunea în focar; 7, 8 — regulatoare ale temperaturii aburului viu, iar în fig. A.61 se prezintă turbina și instalația de automatizare aferentă. Ca distribuție generală, aparatura de automatizare se află local (traductoare, convertoare, elemente de acționare), într-un dulap, situat în frontul operativ (sala cazanelor și, respectiv sala mașinilor), ce conține în special aparatură de semnalizare și indicare, și în camera de comandă (în care sint dispuse regulatoarele automate, aparate de înregistrare și indicare, aparatura de comandă manuală la distanță etc.)

automatizarea unui reactor nuclear, soluție tehnică pentru controlul automat al reacției de fisiune nucleară. În fig. A.62 se prezintă o structură de reactor nuclear format dintr-un recipient  $R$  cu material fisionabil, un schimbător de căldură  $SC$  în circuitul căruia se află turbina  $T$ , condensatorul







**autonom** → invariant

**autooscilație**, regim de funcționare propriu sistemelor neliniare, caracterizat prin variația periodică și stabilă a mărimilor de stare. În cazul sistemelor cu două stări ( $x \in \mathbb{R}^2$ ) traiectoria de stare descrie un ciclu limită stabil (→ ciclu limită).

**autotestare**, operație de fiabilizare a sistemelor de conducere, constând în rularea unui set de programe ce au drept scop detectarea și semnalaarea eventualelor defecțiuni intervenite în funcționarea echipamentului de conducere și a sistemului de programe asociat. De regulă, a. se efectuează la punerea sub tensiune a sistemului (dar înaintea începerii prelucrării în vederea conducerii propriu-zise), la cererea operatorului de proces și ca activitate de fundal, pe timpul activității de conducere propriu-zise. În acest ultim caz a. este întreruptă pentru a prelucra datele din proces, comenzile operatorului etc. și a emite comenzile necesare. De aceea a. se desfășoară pe durata mai multor cicluri de prelucrare.



## B

**bandă de proporționalitate**, procent din domeniul mărimii de intrare în regulator  $\varepsilon(t)$  pentru care regulatorul de tip  $P$  determină o valoare  $u(t)$  egală cu 100 % din domeniul posibil pentru mărimea de ieșire. B.p. se exprimă în funcție de factorul de amplificare  $K_R$  al regulatorului  $P$ . Presupunând domenii de variație egale la intrare și la ieșire rezultă:

$$BP = \frac{1}{K_R} \cdot 100 [\%]$$

Dacă domeniul de variație a mărimii  $\varepsilon(t)$  diferă de cel al lui  $u(t)$ , atunci b.p. este determinată de relația:

$$BP = \frac{100}{K_R} \cdot \frac{\text{domeniul } \varepsilon}{\text{domeniul } u_c} [\%]$$

B.p. reprezintă unicul parametru al reguletoarelor de tip  $P$ . Prin construcție se prevede ca acest parametru să fie ajustabil în limite largi pentru a satisface o varietate mare de legi de reglare (de ex., b.p. poate varia între 2 % și 200 %).

**bandă magnetică**, suport magnetic destinat memorării informațiilor utilizate în sisteme de calcul, inclusiv în sisteme de conducere a proceselor. Accesul la informația memorată este de tipul secvențial, ceea ce are drept efect durata mai mare a accesului în raport cu cea corespunzătoare altor sisteme magnetice de memorare (discuri magnetice, discuri flexibile etc.). Uneori denumirea se extinde în mod eronat la perifericul ce utilizează b.m. ca suport al memorării informației.

**bandă perforată**, purtător de informații sub forma unei fișii de hirtie de dimensiuni tipizate, în care se pot ștanța găuri, utilizat pentru introducerea datelor în sisteme numerice de conducere (cu sau fără calculator) a proceselor industriale. B.p. este obținută în urma executării unui program, prin cuplarea calculatorului cu un perforator de bandă. Datele sînt reprezentate pe bandă printr-o înșiruire de caractere, codificate sub formă de perforații circulare dispuse în poziții predeterminate. Lățimi standard pentru b.p.: 17,4 mm (11/16 țoli), pentru banda cu 5 piste, și 25,4 mm (1 țol), pentru banda cu 8 piste. Codificarea b.p. se poate face: longitudinal, atunci cînd se codifică separat fiecare pistă în parte, lungimea unui bloc de date este dată de lungimea celui mai mare număr codificat pe bandă; transversal, în cazul în care combinațiile de perforații, considerate perpendicular pe direcția de antrenare



a b.p., luate împreună, formează un caracter. Citirea b.p. se poate face cu cititori electromecanici (oferind viteze de citire 7—70 caractere/s) sau fotoelectrice (70—500 caractere/s). La citirea serie, fiecare caracter este considerat ca o unitate informațională. Un bloc de date se citește caracter după caracter, serial. La citirea paralel, fiecare bloc de date este considerat ca o unitate de informație, toate caracterele fiind citite simultan. B.p. se confecționează din hârtie sau material plastic, cașerat pe ambele fețe cu folii metalice (când mediul industrial este dificil — de ex., la comanda numerică a mașinilor unelte).

barieră de siguranță, circuit electric (electronic) inclus în echipamentele de automatizare destinate să funcționeze în medii cu pericol de explozie, în scopul eliminării posibilității de declanșare a exploziei în caz de defecte (scurtcircuite, întreruperi de circuit etc.). B.s. sînt realizate, de regulă, cu elemente pasive, siguranțe fuzibile, rezistențe, diode, diode Zener, în montaje care reduc puterea asociată semnalelor electrice aferente elementelor situate în mediul cu pericol de explozie.

bază de date, configurație de valori fixe sau variabile ce constituie informația prelucrată de către un sistem de conducere destinat unei aplicații date. B.d. poate diferi în mod substanțial de la un sistem de conducere la altul, chiar dacă programele ce prelucrează informațiile conținute în ea sînt relativ aceleași. Organizarea b.d. determină în mod esențial eficiența de prelucrare a datelor.

bibliotecă de programe, colecție de programe de uz general, disponibile proiectantului unui sistem de conducere în vederea utilizării lor drept componente ale sistemului de programe, cu care este dotată aplicația respectivă. Din programele conținute în mod curent de către b.p. se menționează: subrutinele de efectuare a operațiilor aritmetice, de evaluare a valorilor unor funcții matematice, de optimizare statică (utilizînd diverși algoritmi: gradient, gradient conjugat, Powell etc.).

binar, termen referitor la o variabilă sau funcție ce poate lua valori în mulțimea de cardinal 2. De regulă, mulțimea valorilor este formată din elementele 0 și 1; deși abstracte, aceste elemente sînt asociate unor nivele de tensiune (de ex., 0 V și 5 V), unor stări (deschis sau închis) etc.

binom de reglare, expresie a abaterii de frecvență utilizată în reglarea automată frecvență-putere:  $\Delta f_r' = \Delta f_r + \frac{1}{\lambda} \Delta P_s$ , unde  $\Delta f_r$  este abaterea

frecvenței reglate față de frecvența de consemn;  $\Delta P_s$  este abaterea puterii de schimb pe linia de interconexiune față de valoarea de consemn, iar  $\lambda$  este energia reglantă a sistemului, exprimată în MW/Hz.

bit, unitate de măsură a informației, utilizată pentru reprezentarea în formă numerică a acesteia. De cele mai multe ori b. i se asociază sensul de cifră binară (0 sau 1); prin combinații ale acestora se exprimă fie un număr, fie o stare. Exemple: b. de start, b. de stop, b. ce precede și, respectiv încheie b. transmiși sau recepționați serial și reprezentînd un anumit caracter; b. de paritate, b. care are valoarea 0 sau 1 astfel încît, pe ansamblu, numărul de b. unu al unui cuvînt să fie par (paritate cu soț) sau impar (paritate fără soț).

bloc, grup de caractere (simboluri, locații de memorie), care permite ordonarea, înmagazinarea, implementarea și prelucrarea informației în formă discretă. B. pot fi de lungime fixă sau variabilă. Administrarea memoriei



pe bază de *b.* implică alocarea unui *b.* la crearea unei structuri de date. *B. de date* reprezintă zona unui program care concentrează datele utilizate în program; *b. de memorie* este un subsistem al memoriei interne prevăzut cu circuite proprii de comandă și acces, care îi asigură o funcționare independentă; *b. aritmetic* este o unitate aritmetică de calcul; *b. de comandă* este acel dispozitiv care asigură funcțiile de elaborare a comenzilor într-o structură complexă de conducere.

*burduf*, element elastic de forma unui tub cilindric, prevăzut cu ondulații pe suprafața laterală, utilizat în construcția aparaturii de comandă și reglare pneumatică, datorită sensibilității mari pe care o prezintă. *B.* asociate cu arcuri asigură în plus condiții de liniaritate, precizie și fidelitate.

byte → octet.



## C

**calculator analogic**, sistem de calcul utilizat în rezolvarea de ecuații diferențiale, în care una din variabilele independente esențiale este timpul. Numele se datorește faptului că pentru efectuarea calculelor se utilizează dispozitive care operează cu mărimi avînd variații continue analoage cu cele modelate. În principal c.a. sînt construite în jurul unor module realizate cu ajutorul amplificatoarelor operaționale care, prin configurații corespunzătoare ale impedanțelor de intrare și de reacție, se comportă ca elemente de integrare, de întârziere etc. Prin combinarea acestor amplificatoare operaționale cu reacție se pot simula sisteme dinamice, teoretic oricît de complexe. Obținerea soluțiilor ecuațiilor diferențiale ce le descriu devine echivalentă cu integrarea în timp a semnalelor ce reprezintă variabilele dependente ale sistemului. Prin alte elemente constructive se pot realiza blocuri neliniare, care largesc gama de probleme ce pot fi rezolvate cu c.a. Din dificultățile de utilizare ale c.a.

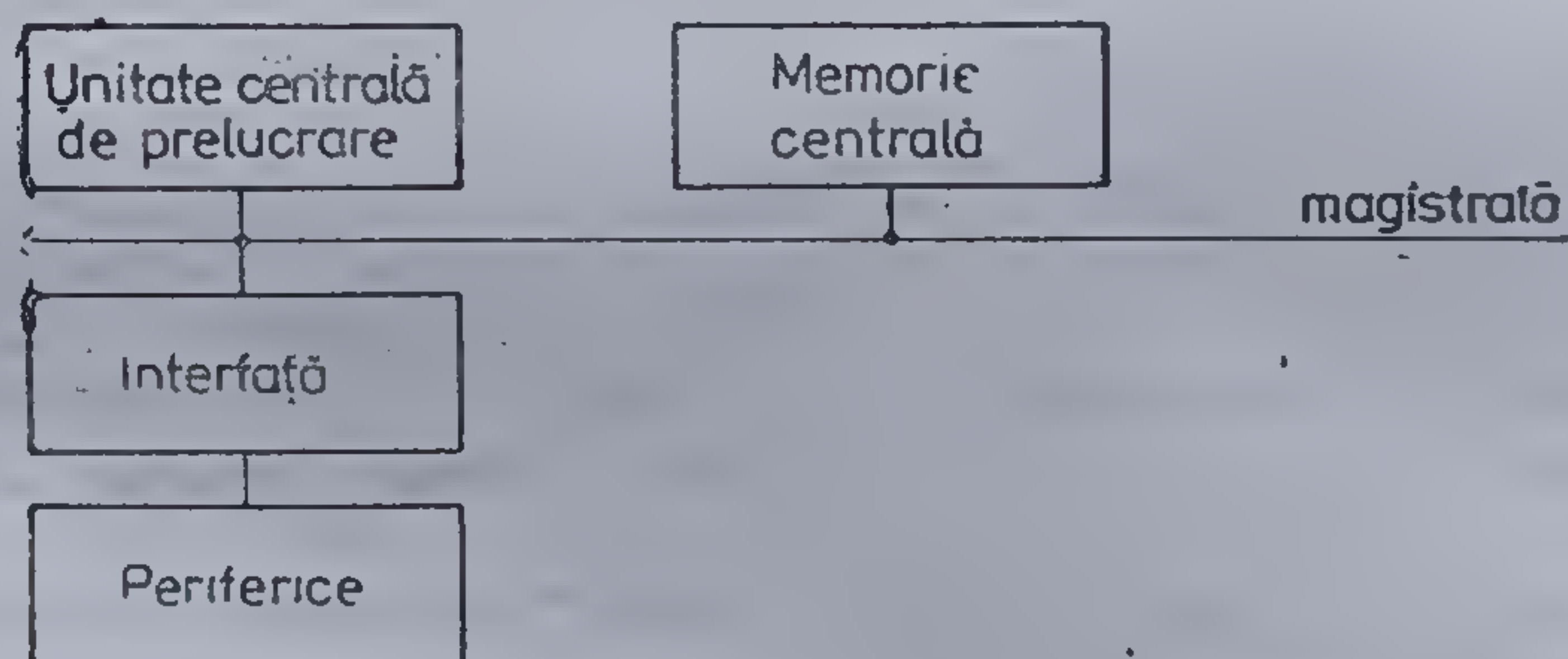


Fig. C.1. Structura unui calculator numeric.

se menționează limitarea superioară a numărului de blocuri (30 — 50), scalarea variabilelor pentru diversele puncte ale schemei de calcul rezultate, existența derivatei în timp și cu temperatura a amplificatoarelor utilizate.

**calculator numeric**, sistem de calcul destinat soluționării unor probleme complexe, constînd din operații aritmetice, logice, colectare de date, stocarea acestora, editarea de rapoarte etc. În toate aceste operații se folosesc componente numerice, iar datele, deși uneori reprezintă valori analogice, sînt prelucrate și memorate în formă numerică. C.n. are certe avantaje asupra calculatorului analogic (→ calculator analogic): precizia teoretică oricît de mare, posibilitatea de stocare pe timp nelimitat a datelor, independența rezultatelor de variația în limite rezonabile a tensiunilor de alimentare și a temperaturii mediului ambiant, reproductibilitatea rezultatelor, posibilitatea de operare cu un volum teoretic nelimitat de date. Structural c.n. are aspectul



din fig. C.1. Unitatea centrală de prelucrare este cea care efectuează toate operațiile aritmetice și logice în cadrul c.n. Ea comunică cu restul sistemului prin intermediul magistralei, pe care transferul de informații este de tipul paralel. Programul sau programele aflate în execuție sînt memorate în memoria centrală. Tot aceasta servește pentru păstrarea datelor cu caracter temporar, necesare programelor în execuție, ca și a acelor programe și date necesare → sistemului de operare. Comunicația cu lumea externă se realizează prin intermediul perifericelor (→ periferice generale), conectate la magistrală prin intermediul interfeței. Cu ajutorul perifericelor se pot da comenzi sistemului de către operator, se pot încărca în memoria centrală programele nerezidente, se pot stoca sau afișa informații.

**calculatorul de proces**, sistem de calcul folosit în conducerea proceselor industriale, apărut în jurul anilor '60. C.p. a fost creat prin adăugarea la un sistem de calcul universal (→ calculator numeric) a unui → sistem de interfață care adaptează natura semnalelor, în esență analogice, prezente în cadrul procesului industrial condus, la cea numerică necesară funcționării calculatorului numeric. În prezent, c.p. ca atare se utilizează din ce în ce mai rar, ca urmare a unor dezavantaje economice și tehnice față de → sistemele de conducere realizate cu microprocesoare.

**calibrare**, operație de comparare a unui aparat, traductor, element de măsurare cu un etalon, cu scopul de determinare, ajustare sau verificare a caracteristicii intrare-ieșire. La aparatele de măsurat indicatoare e. inițială are drept scop gradarea scării. C. se efectuează și în timpul exploatării mijloacelor de măsurat la intervale [de timp impuse de precizia de măsurare necesară și de particularitățile constructive și funcționale ale aparatelor. C. fiecărui tip de aparat de măsurat trebuie făcută cu un etalon corespunzător ca precizie și interval de măsurare. Etalonul cu care se face comparația trebuie să fie de o precizie sensibil superioară celei a aparatului supus c. În general, raportul erorilor tolerate aparat—etalon variază între 1:2,5 și 1:10.

**canal de comunicație**, totalitatea mijloacelor (aparatură și mediu) destinate transmiterii informației între intrare (sursa de informație) și ieșire (receptor). Din punctul de vedere al caracterului informației la intrare și la ieșire, c. de c. sînt canale continue și canale discrete. Principalele caracteristici ale unui canal continuu sînt: banda de transmisie, caracteristica de amplitudine și de fază în banda de transmisie, puterea maximă și medie admisibilă pentru semnalele transmise, natura și caracteristicile zgomotului, siguranța în funcționare, capacitatea informațională a canalului. Canalele discrete se caracterizează printr-un alfabet de simboluri de intrare  $x_i$ ,  $i = 1, m$ , un alfabet de simboluri de ieșire  $y_j$ ,  $j = 1, m$ , numărul de simboluri ce se transmit prin canal în unitatea de timp și probabilitatea condiționată  $p(y_j/x_i)$  de apariție la ieșire a simbolului  $y_j$  cînd la intrare a fost simbolul  $x_i$ . Dacă pentru fiecare pereche  $i$  și  $j$  probabilitatea  $p(y_j/x_i)$  rămîne constantă, adică nu depinde de timp și de natura semnalelor transmise anterior, canalul se numește canal discret staționar fără memorie. Dacă probabilitatea depinde de timp, canalul este nestaționar, iar dacă depinde de natura semnalelor transmise anterior se numește canal cu memorie. C. de c. binar este un canal discret avînd un alfabet de două simboluri  $\{0, 1\}$ , atât la intrare cît și la ieșire. C. de c. simetric este canalul care la fiecare simbol din alfabetul de intrare este transformat într-un număr finit de simboluri la ieșire, cu același set de probabilități, indiferent de simbolul aplicat la intrare. C. de c. uniform față de intrare este canalul prin care orice simbol din alfabetul de intrare este



perturbat în egală măsură. La un canal uniform față de intrare fiecare linie din matricea de zgomot se obține prin permutarea aceluiasi set de numere. C. de c. uniform față de ieșire este canalul la care fiecare coloană din matricea de zgomot se obține prin permutarea aceluiasi set de numere, deci la care un simbol la ieșire poate proveni din același număr de simboluri de la intrare. C. de c. uniform este un canal uniform față de intrare și față de ieșire.

cantitate de informație 1. numărul simbolurilor fizice utilizate într-o operație de prelucrare sau transmisie a informației. 2. →debit de informație.

capacitatea canalului, valoarea maximă a informației transmise pe canal (→transinformație):

$$C = \max I(X, Y) = \max [H(X) - H(X/Y)]$$

C.c. se măsoară în biți. Există însă și posibilitatea definirii capacității canalului prin raportare la timp:

$$C_t = \frac{C}{\tau} = \frac{\max I(X, Y)}{\tau}$$

unde  $\tau$  este durata medie a unui simbol, situație în care c.c. se exprimă în biți/s.

capacitatea memoriei, volumul informației ce poate fi stocat în memoria unui sistem. De regulă, c.m. se exprimă în număr de biți, în număr de cuvinte sau în număr de blocuri. Întrucât numărul de cuvinte al circuitelor de memorie este o putere a lui 2, și anume  $2^n$ , unde  $n$  este numărul liniilor magistralei de adrese aferente circuitului, se obișnuiește a se considera ca unitate de măsură a c.m. numărul de 1024 cuvinte, notată 1K. De asemenea, pentru definirea c.m. a unui circuit se specifică și numărul de biți ai cuvintului, de ex.,  $1K \times 4$ ,  $2K \times 8$  etc.

capsulă pneumatică, element elastic alcătuit din două membrane prevăzute cu ondulații, sudate între ele, utilizat ca element sensibil pentru traductoarele de presiune. Sensibilitatea c.p. este mai mare decât aceea a unei singure membrane.

caracter, simbol folosit pentru organizarea, controlul sau reprezentarea informațiilor. Caracterele sînt: litere, cifre, semne de punctuație sau alte simboluri.

caracteristică imaginară de frecvență, dependența părții imaginare a funcției de transfer de pulsația  $\omega$ . Se exprimă pe baza caracteristicilor amplitudine-pulsație și fază-pulsație a sistemului în circuit închis, în forma:

$$Q(\omega) = H_0(\omega) \sin \varphi_0(\omega)$$

C.i. de f. a unui sistem închis poate fi determinată grafic, pe baza hodografului sistemului deschis, utilizînd diagramele circulare de  $Q = \text{const.}$  C.i. de f. permite determinarea răspunsului pondere

$$h(t) = -\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} Q(\omega) \sin \omega t \, d\omega \quad t > 0$$



și a răspunsului indicial

$$y(t) = P(0) + \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{Q(\omega)}{\omega} \cos t \, d\omega \quad t > 0$$

unde  $P(0)$  este valoarea părții reale a funcției de transfer  $H_0(j\omega)$  pentru  $\omega = 0$ .

caracteristică modul-fază (hodograf), transformarea prin  $H(s)$  a conturului Nyquist asociat acestei funcții de transfer, reprezentarea făcându-se în planul complex al funcției  $H(s)$ . Deoarece  $H(s)$  este o funcție rațională reală (cu coeficienți reali) rezultă că

$$H(s) = \overline{H(\bar{s})}$$

unde  $(\bar{\cdot})$  indică conjugarea complexă, fiind suficient deci să se transforme porțiunea din contur situată în semiplanul superior, după care aceasta se simetrizează față de axa reală, obținându-se complet hodograful. Pentru a ilustra modul de construcție a c.m-f. fie cazul unei funcții de transfer  $H(s)$  având distribuția de poli reprezentată în fig. C.2, în care s-a particularizat și conturul Nyquist. Transformarea conturului se face prin transformarea porțiunilor sale tipice:

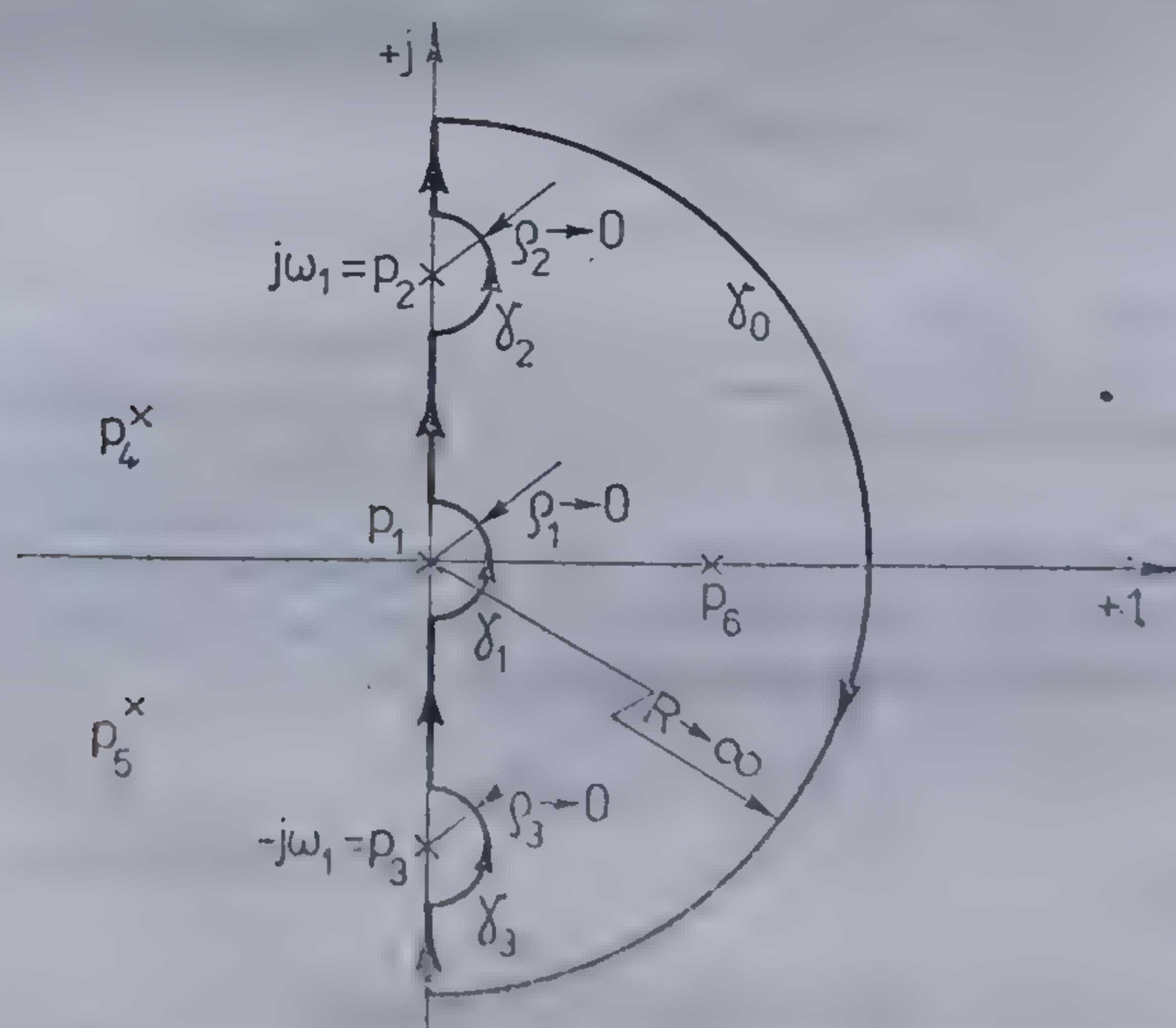


Fig. C.2. Conturul Nyquist pentru trasarea analitică a hodografului.

a) axa imaginară:

$$s = j\omega; \quad \omega \in (0, +\infty) \setminus \{\omega_1\}; \quad H(s)|_{s=j\omega} = H(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$$



b) conturul  $\gamma_1$ :

$$s = \rho_1 e^{j\theta}; \rho_1 \rightarrow 0; \theta \in \left[ -\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2} \right]$$

$$H(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{s^\alpha (a_n s^{n-\alpha} + a_{n-1} s^{n-\alpha-1} + \dots + a_{\alpha+1} s + a_\alpha)}$$

care pentru  $s$  specificat devine

$$H(\rho_1 e^{j\theta})|_{\rho_1 \rightarrow 0} \simeq \frac{b_0}{a_\alpha \rho_1^\alpha e^{j\alpha\theta}} = M_1 e^{j\varphi}; \begin{cases} M_1 = \left| \frac{b_0}{a_\alpha} \right| \frac{1}{\rho_1^\alpha} \rightarrow \infty \\ \varphi = -\alpha\theta + \arg\left(\frac{b_0}{a_\alpha}\right) \end{cases}$$

c) conturul  $\gamma_2$

$$s = j\omega_1 + \rho_2 e^{j\alpha} \quad \left| \begin{array}{l} \rho_2 \rightarrow 0 \\ \alpha \in \left[ -\frac{\pi}{2}, +\frac{\pi}{2} \right] \end{array} \right. \quad \text{și} \quad H(j\omega_1 + \rho_2 e^{j\alpha}) \simeq M_2 e^{j\psi}$$

aproximare făcută în ideea că  $\rho_2 \rightarrow 0$

d) conturul  $\gamma_0$ :

$$s = Re^{j\beta} \quad \left| \begin{array}{l} R \rightarrow \infty \\ \beta \in \left[ \frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{2} \right] \end{array} \right.$$

$$H(Re^{j\beta}) \simeq \frac{b_m}{a_n R^{n-m} \cdot e^{j(n-m)\beta}} = Ne^{j\gamma}; \quad \begin{cases} N \rightarrow 0 \\ \gamma = -(n-m)\beta + \arg\left(\frac{b_m}{a_n}\right) \end{cases}$$

Ramura pulsațiilor pozitive se poate trasa și experimental pentru o funcție de transfer  $H(s)$  stabilă, observînd că  $s = j\omega$  revine la aplicarea în intrarea sistemului a unui semnal armonic de pulsație  $\omega$

$$u(t) = A \sin \omega t$$

cînd ieșirea este

$$y(t) = B(\omega) \sin(\omega t + \varphi(\omega))$$

obținîndu-se

$$|H(j\omega)| = \frac{B(\omega)}{A} \quad (\text{modulul})$$

$$\arg H(j\omega) = \varphi(\omega) \quad (\text{faza})$$



Pe baza acestor două elemente se poate trasa prin puncte (la diverse valori ale pulsației  $\omega$ ) ramura pulsațiilor pozitive a hodografului (fig. C.3).

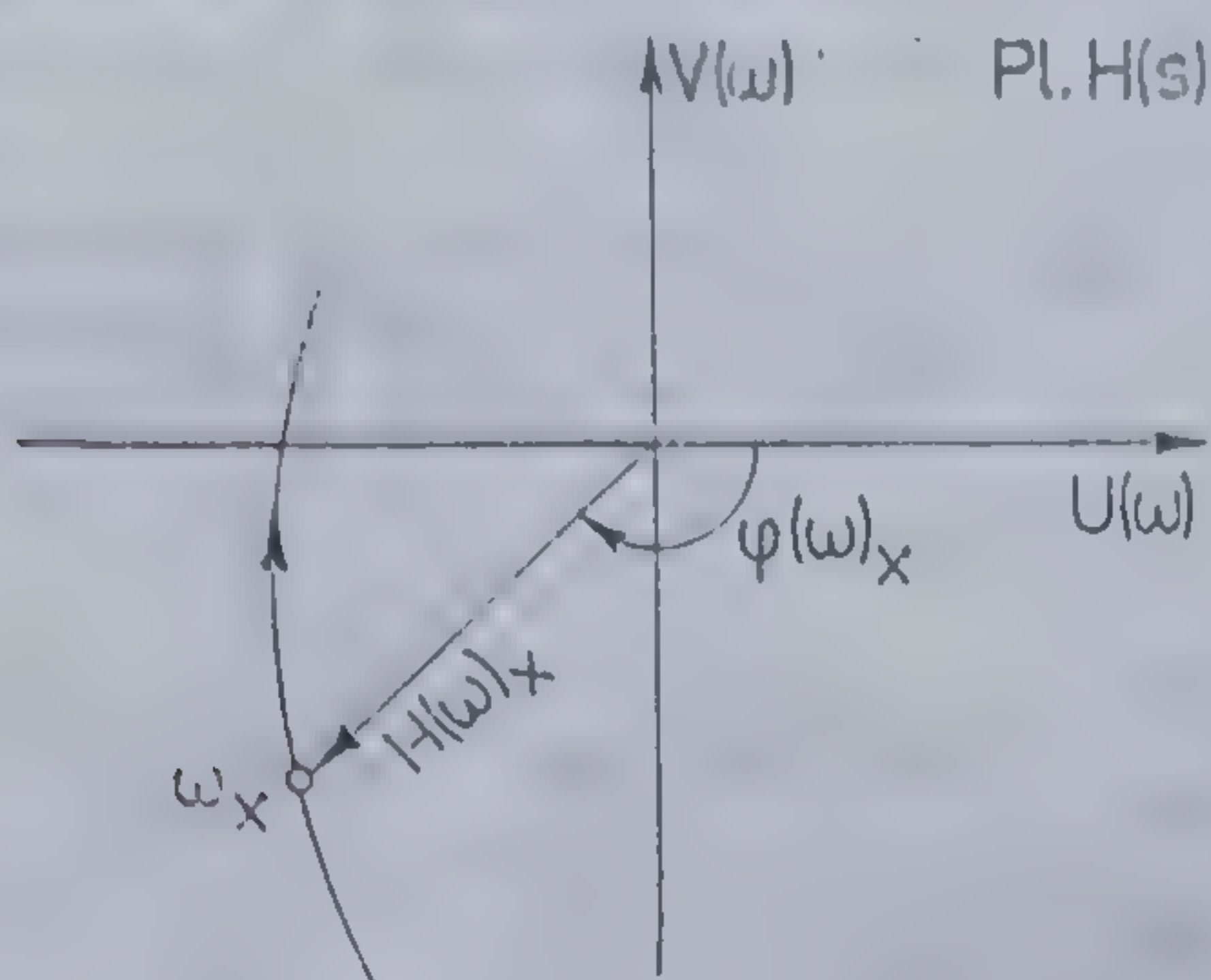


Fig. C.3. Reprezentarea tipică modul-fază.

**caracteristică modul-pulsație**, dependența de pulsație a modulului funcției de transfer. Se utilizează în special c.m.p. a sistemului în circuit închis

$$H_0 = H_0(\omega) = |H_0(j\omega)|$$

Este utilă pentru evidențierea pulsației de rezonanță, a pulsației de bandă, precum și a performanțelor tranzitorii ale sistemului automat.

**caracteristică reală de frecvență**, dependența părții reale a funcției de transfer de pulsația  $\omega$ . În mod curent se utilizează numai c.r. de f. a sistemului în circuit închis, adică a funcției de transfer  $H_0(s)$ ; pentru  $s = j\omega, \omega \in [0, +\infty)$  rezultă

$$H_0(j\omega) = H_0(\omega)e^{j\varphi_0(\omega)} = P(\omega) + jQ(\omega)$$

și deci

$$P(\omega) = H_0(\omega) \cos \varphi_0(\omega) \text{ reprezintă c.r. de f.}$$

**C.r. de f.**  $P(\omega)$  se construiește de obicei grafo-analitic pe baza hodografului funcției de transfer  $H(s)$ , utilizând diagramele circulare de  $P = \text{constant}$  din planul caracteristicii hodograf. Pe baza c.r. de f. se poate determina răspunsul pondere al sistemului

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} P(\omega) \cos \omega t d\omega \quad t > 0$$

sau răspunsul indicial

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{P(\omega)}{\omega} \sin \omega t d\omega \quad t > 0$$

Important este faptul că toate performanțele uzuale impuse unui sistem automat se regăsesc în c.r. de f. Ca urmare, în sîntoza clasică a sistemelor automate, prima etapă este reprezentată de transpunerea performanțelor impuse sistemului automat în c.r. de f., care este astfel complet determinată, urmînd



ca pe baza ei să se deducă funcția de transfer  $H(s)$ , necesară pentru satisfacerea performanțelor impuse.

caracteristică trapezoidală, reprezentare grafică obținută din aproximarea prin segmente de dreaptă a caracteristicii reale de frecvență. Este utilă în determinarea răspunsului indicial al unui sistem precum și în analiza performanțelor, respectiv în sinteza sistemelor automate liniare pe baza caracteristicilor de frecvență. C.t. este definită analitic complet cunoscând  $P(0)$  amplitudinea,  $\omega_d$  pulsația de trecere totală,  $\omega_0$  pulsația de tăiere, în forma

$$P(\omega) = \begin{cases} h_0, & 0 < \omega < \omega_d \\ h_0 \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0 - \omega_d}, & \omega_d < \omega < \omega_0 \\ 0, & \omega > \omega_0 \end{cases}$$

Cazul  $P(0) = 1$ ,  $\omega_0 = 1$  definește trapezul unitar (fig. C.4), răspunsul indicial al sistemului cu o asemenea caracteristică fiind:

$$y_0(t) = \frac{2}{\pi(1-x)} \left[ Si(t) - x Si(xt) + \frac{\cos t - \cos xt}{t} \right]$$

unde  $x = \frac{\omega_d}{\omega_0}$ . Este tabelat direct acest răspuns pentru  $x \in [0, 1]$ .

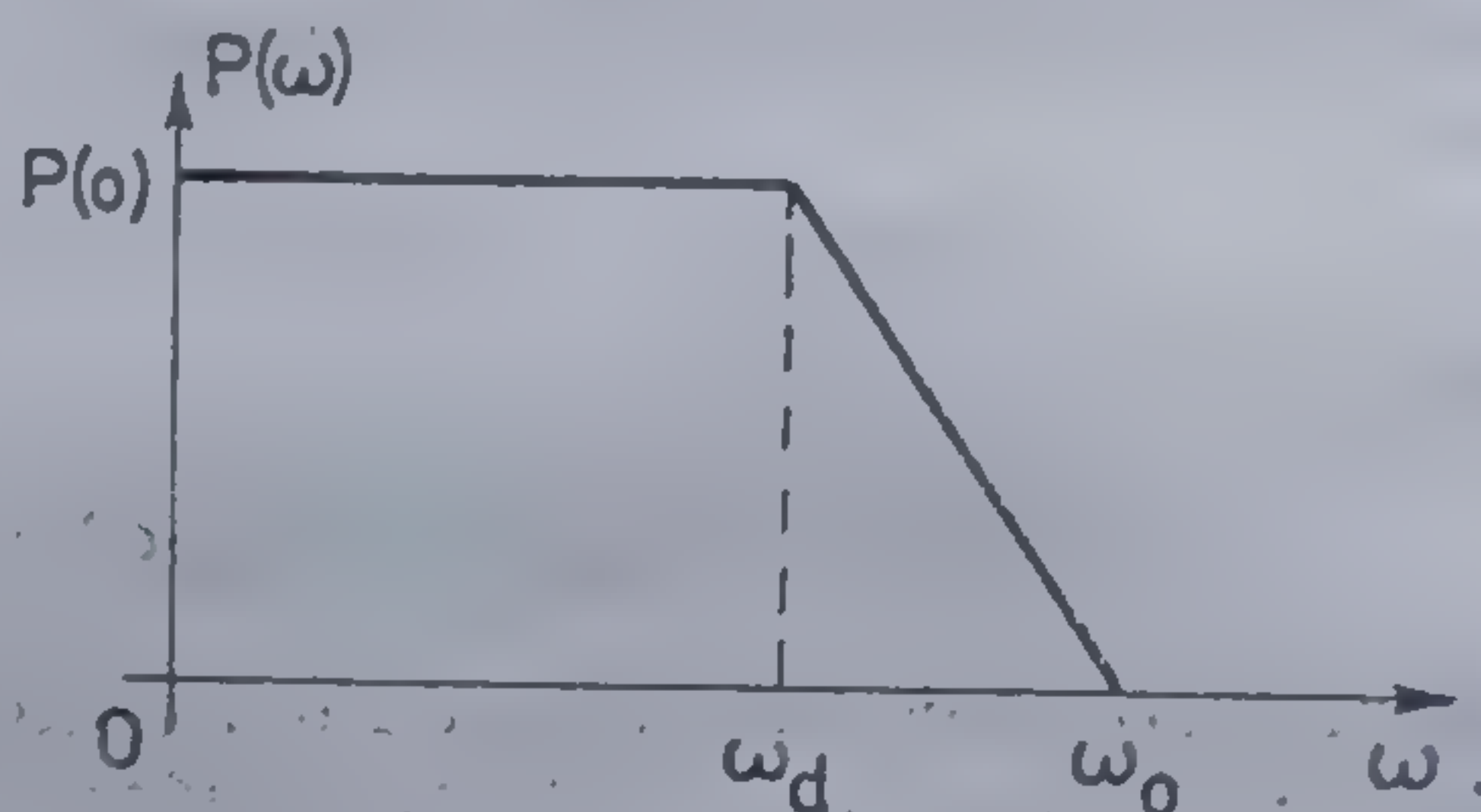


Fig. C.4. Caracteristica reală de tip trapez.

caracteristici logaritmice (atenuare-pulsație și fază-pulsație), mod de reprezentare a ramurii de pulsație pozitivă din caracteristica hodograf și anume: pentru funcția de transfer  $H(s)$  cu  $s = j\omega$ ,  $\omega \in (0, +\infty)$  se obține

$$H(j\omega) = H(\omega) e^{j\varphi(\omega)}$$

din care se deduce

$$H_{dB}(\omega) \stackrel{\Delta}{=} 20 \lg H(\omega) \quad (\text{caracteristica atenuare-pulsație})$$

$$\varphi(\omega) = \arg H(j\omega) \quad (\text{caracteristica fază-pulsație})$$

Pentru ușurarea trasării analitice a acestor caracteristici, pe abscisă (variabila  $\omega$ ) se alege o scară logaritmică, rezultând reprezentări ca în fig. C.5. Trasarea analitică se face prin sumarea c.l. ale elementelor standard ce compun funcția de transfer  $H(s)$ .

( $\rightarrow$  element de anticipare și întârziere de ordinul I,  $\rightarrow$  element de anticipare și întârziere de ordinul II,  $\rightarrow$  element integrator,  $\rightarrow$  element derivativ). Trasarea



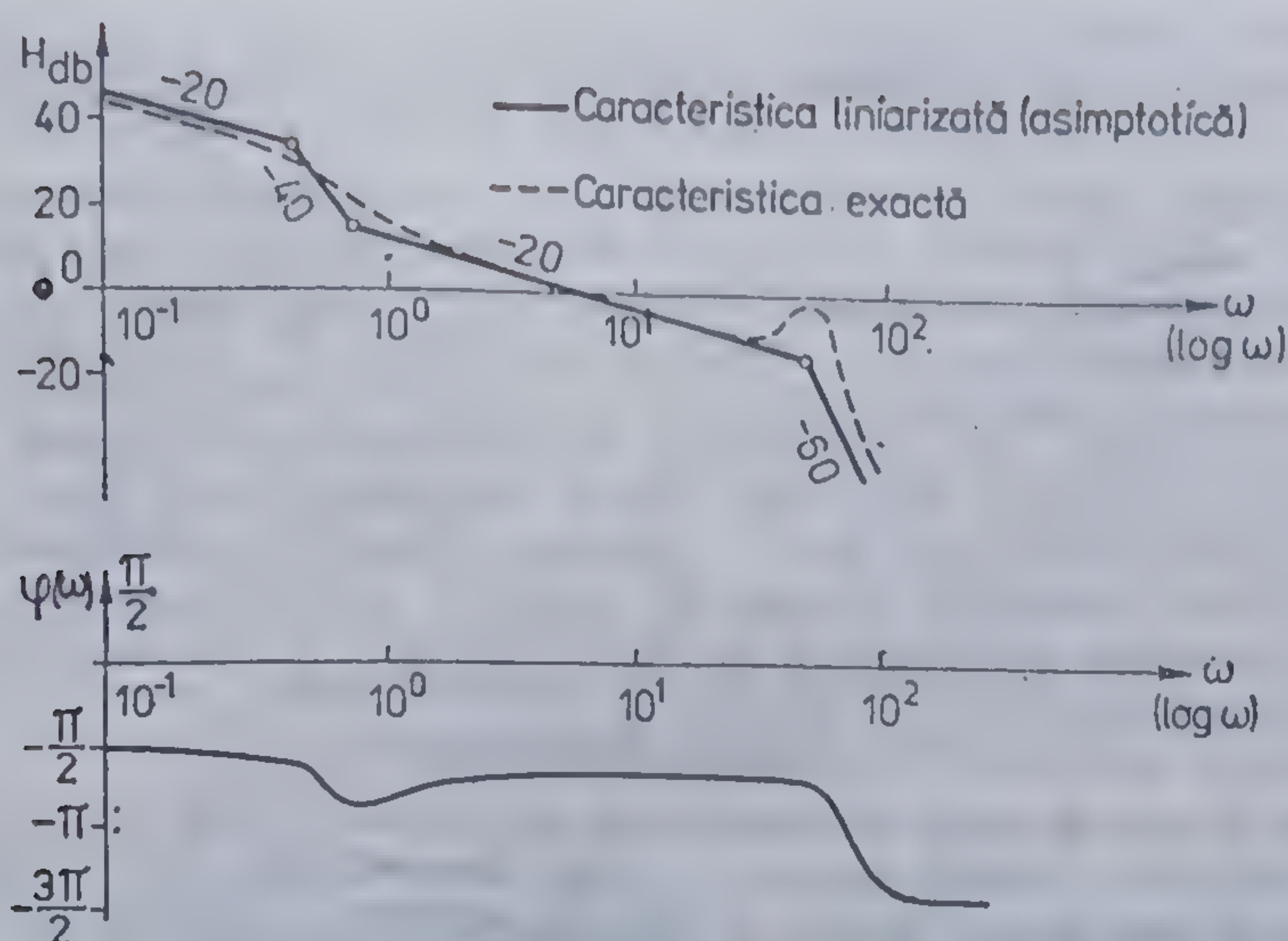


Fig. C.5. Caracteristici logaritmice.

experimentală se face pe baza datelor  $H(\omega)$ ,  $\varphi(\omega)$  deduse ca la obținerea experimentală a hodografului.

cartelă perforată, suport al informației, utilizat îndeosebi în aplicații informatice generale sau la pregătirea programelor, constând într-un dreptunghi de carton cu dimensiuni standard, pe care informația se înscrie prin perforare. Pe o c.p. se pot perfora 80 coloane, fiecareia corespunzându-i un caracter. Fiecare coloană are 12 rînduri.

cascada automatelor, operație de interconectare (grupare) a două automate:  $A_1 = (U_1, X_1, Y_1, \varphi_1, \eta_1)$  și  $A_2 = (U_2, X_2, Y_2, \varphi_2, \eta_2)$  prin aplicațiile  $g: U_0 \times Y_1 \rightarrow U_2$  și  $f: U_0 \rightarrow U_1$ , unde  $U_0$  este o mulțime nevidă. Schema generală de interconectare se prezintă în fig. C.6. În cazul în care  $g$  nu depinde de  $U_0$ ,

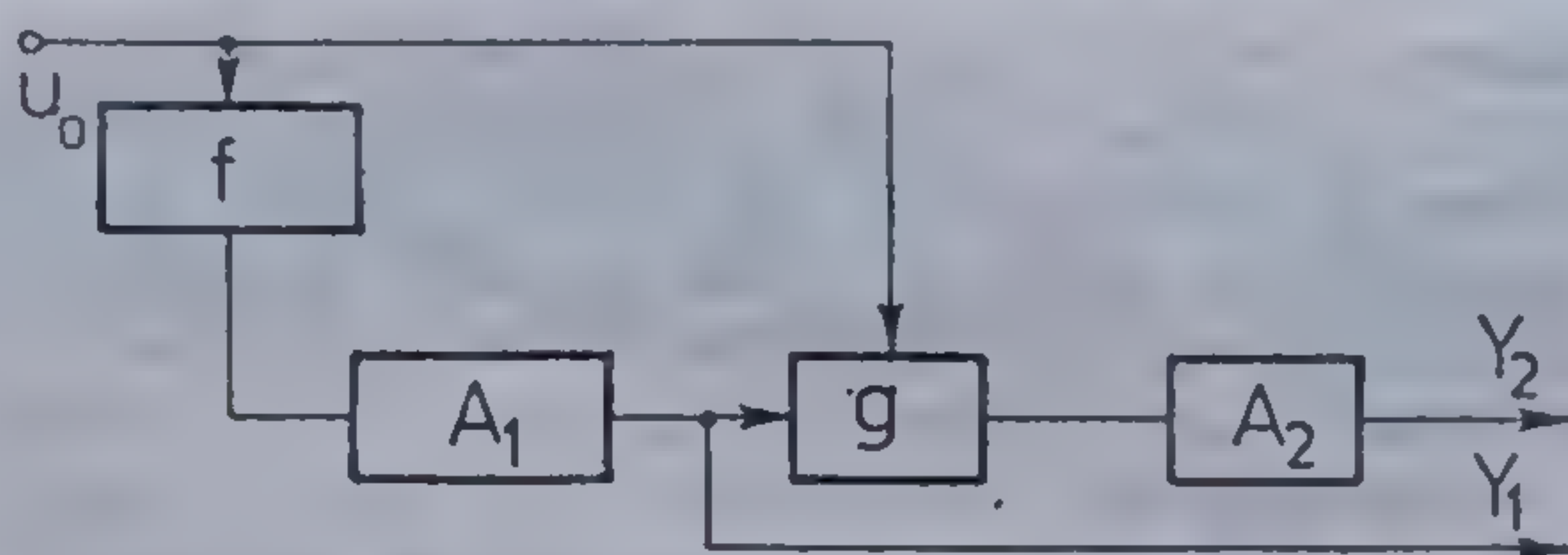


Fig. C.6. Structură de interconectare în cascadă a automatelor.

adică  $g: Y_1 \rightarrow U_2$ , se obține gruparea în serie a automatelor, iar dacă  $g$  nu depinde de  $Y_1$ ,adică  $g: U_0 \rightarrow U_2$ , se obține gruparea în paralel a automatelor.

ceas de timp real, sistem destinat asigurării corelării între funcționarea sistemului de conducere și desfășurarea evenimentelor în cadrul procesului condus. Cu ajutorul c. de t.r. se poate realiza fie măsurarea duratei unor intervale de timp (de ex., în cazul sistemelor cu funcționare ciclică), fie lansarea în execuție a anumitor programe la momente de timp bine determinate. C. de t. r. poate opera fie prin interogare (în care caz timpul este citit prin program), fie în conjuncție cu sistemul de întreruperi (în care caz, la expi-



rarea unui interval de timp preprogramat se generează un semnal de întrerupere). A doua metodă este cu mult mai frecvent utilizată.

cibernetică, știință cu caracter de mare generalitate care studiază din punct de vedere sistemic procesele în care se evidențiază autoreglarea prin conexiunea inversă. Un sistem cibernetic se caracterizează prin aceea că procesele de autoreglare sînt studiate din punctul de vedere informațional, fără a se lua în considerare natura fizică concretă a elementelor componente. C. este prin aceasta, în mod esențial, multidisciplinară, înglobînd cunoștințe de matematică, teoria sistemelor, teoria informației, neurologie, psihologie pe care le tratează în mod unitar. Aplicarea conceptelor cibernetice a permis pe de o parte dezvoltări inedite în domenii aparent disjuncte (biologie, tehnică, economie, sociologie) și pe de altă parte a condus la apariția de noi direcții de cercetare privind inteligența artificială, roboți, sisteme autoinstruibile, sisteme autoadaptive, sisteme homeostatice.

ciclu, durata de timp, de regulă fixă, în decursul căreia are loc un eveniment prestabilit ( $\rightarrow$ ciclu mașină,  $\rightarrow$ ciclu instrucțiune). Uneori c. definește secvența de operații ce au loc în vederea realizării unui anumit proces (de ex., secvența operațiilor necesare pornirii unui utilaj complex, sau cea de apelare a programelor în cadrul unui sistem de operare cu funcționare ciclică).  $\rightarrow$ sistem de operare.

ciclu automat de prelucrare pe mașini-unelte, regim automat de funcționare a mașinii-unelte în care secțiunea de comandă numerică generează, prin activarea repetată a unui subprogram unic cu date configurate de la consola operatorului, un ansamblu de comenzi de deplasare fixe ca tip și succesiune. Exemple: cicluri de găurire, de frezat canale rectangulare, de decupare etc.

ciclu de funcționare complet (secvențiere completă), evoluție a unui automat secvențial asincron care, plecînd dintr-o stare considerată inițială, comută succesiv într-un număr finit de stări stabile, fiecare din aceste stări corespunzînd unei situații reale și necesare din condițiile funcționale specifice impuse automatului; ultima stare în care comută automatul este identică cu starea inițială. Automatele cu c. de f.c. sînt automate particulare.

ciclu instrucțiune, secvență de operații elementare necesare execuției unei instrucțiuni de către o unitate centrală. În general, un c.i. conține două etape importante: extragerea instrucțiunii (în timpul căreia aceasta este extrasă din locația de memorie indicată de către contorul programului) și execuția propriu-zisă, care presupune decodificarea și efectuarea secvenței de operații elementare indicată prin codul instrucțiunii. Un c.i. este compus din mai multe cicluri mașină ( $\rightarrow$ ciclu mașină). Planificarea efectuării în timp a acestora este realizată prin intermediul logicii de comandă și secvențiere ( $\rightarrow$ microprocesor).

ciclu limită, noțiune asociată regimului liber al sistemelor neliniare cu două stări, avînd în consecință traiectoriile de stare situate în  $\mathbb{R}^2$ . C.l. reprezintă o traiectorie închisă izolată, în sensul că într-o vecinătate suficient de mică a c.l. nu există o altă traiectorie închisă. Această izolare implică următorul comportament al traiectoriilor în vecinătatea c.l.: — orice traiectorie inițializată în interiorul ciclului și suficient de aproape de acesta se spiralează cu  $t \rightarrow +\infty$  (sau  $t \rightarrow -\infty$ ) către el; — același tip de comportament îl au și traiectoriile inițializate în exteriorul ciclului și suficient de aproape de acesta. Cele două tipuri de comportamente (cu  $t \rightarrow +\infty$  sau  $t \rightarrow -\infty$ ) impun caracterul



c.l. Astfel, dacă spiralarea are loc cu  $t \rightarrow +\infty$  atât pentru traiectoriile interioare cât și pentru cele exterioare, c.l. se numește stabil. În caz contrar c.l. se numește instabil (fig. C.7.).

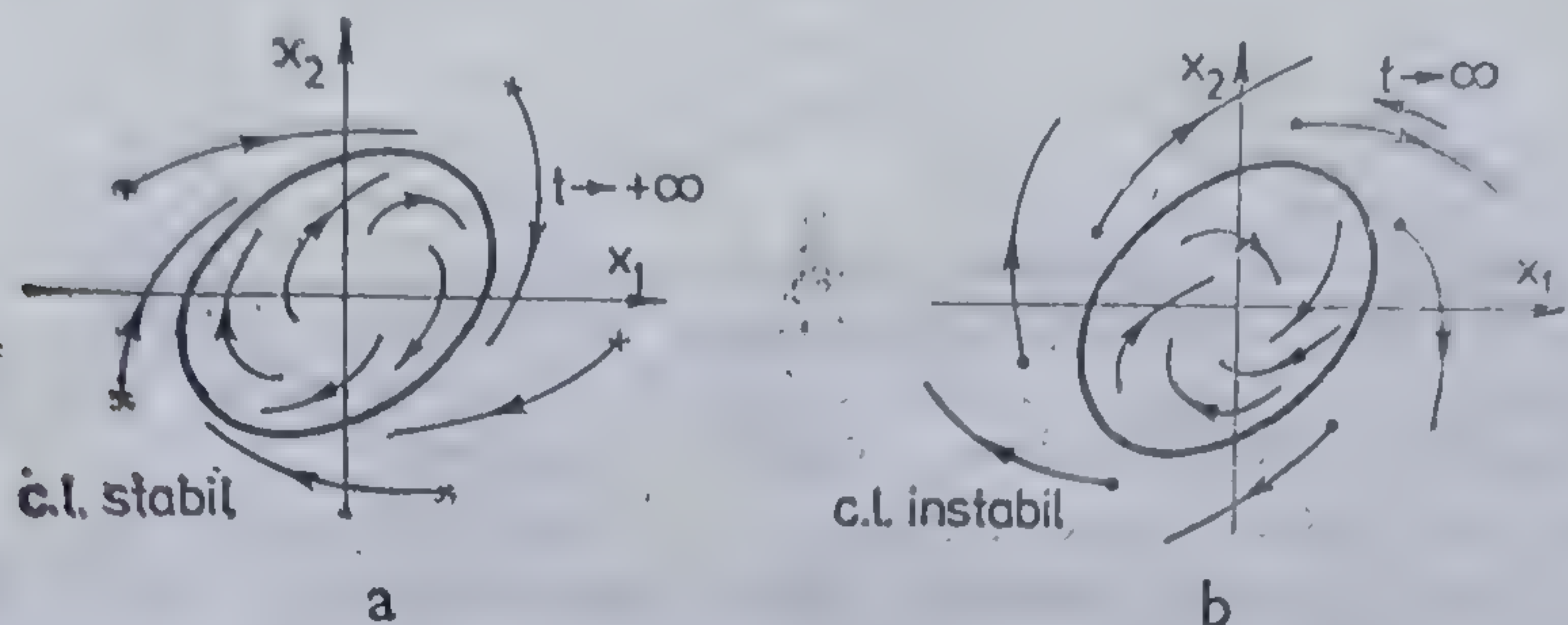


Fig. C.7. Ciclu limită :

a — stabil ; b — instabil .

cielu mașină, componentă elementară a ciclului instrucțiune, avînd o durată egală cu un multiplu al perioadei ceasului unității centrale, în timpul căreia se execută o anumită operație ce concurează la execuția instrucțiunii. Tipurile de c.m. depind de unitatea centrală respectivă. Pentru exemplificare se citează următoarele c.m.: extragerea instrucțiunii, înscriere în memorie, citire din memorie etc.

citire în V, metodă de citire a informației de deplasare de la un traductor numeric absolut, caracterizată prin aceea că toate pisteles riglei (discului), cu excepția ordinului  $2^0$ , sînt prevăzute cu cîte două puncte de citire (de ex., 2 fotoelemente), simetric așezate în raport cu perpendiculara pe direcția de deplasare riglă (disc)—cap de citire, și care trece prin punctul de citire al ordinului  $2^0$ . (fig. C.8). Dintre punctele de citire sînt active doar cîte unul pentru fiecare pistă, prin comutarea asigurată de o logică combinațională:

$$e_i = f_{i,d} \bar{e}_{i-1} + f_{i,s} e_{i-1}, \quad i = 1, \dots, n-1$$

unde  $e_i$  este semnalul logic de ieșire asociat pistei  $2^i$ , iar  $f_{i,d(s)}$  este semnalul fotoelementului din dreapta (stînga) al pistei  $2^i$ . C. în V permite menținerea codului binar natural pentru codificarea riglei (discului) traductorului, cu eliminarea hazardului de citire provocat de modificarea a mai mult de

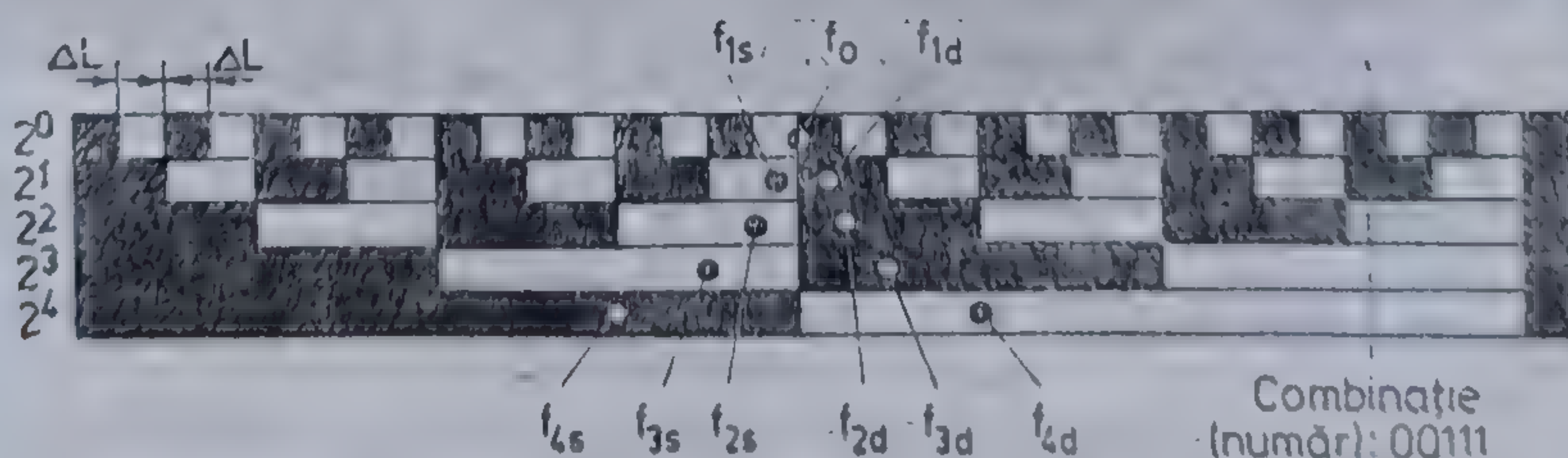


Fig. C.8. Exemplificarea metodei de citire în V.

două ranguri binare la trecerea de la o combinație la alta. Cele două elemente de citire asociate pistei  $2^i$  se plasează față de linia mediană dată de poziția



elementului de citire asociat pistei  $2^0$  la distanța  $d_i$ , egală cu jumătate din mărimea unei diviziuni aparținând pistei de ordinul inferior ( $2^{i-1}$ ), conform relației:

$$d_i = \frac{2^{i-1} \cdot \Delta L}{2}$$

**cititor**, periferic de uz general destinat introducerii de informații într-un sistem de prelucrare a datelor. C. poate opera cu benzi de hîrtie perforată sau cu cartele perforate. Uneori numele este atribuit și părții de intrare a unei unități de bandă magnetică sau casetă magnetică.

**cîntărire automată**, procedeu bazat pe utilizarea de traductoare și dispozitive de automatizare prin care se obține, un semnal electric proporțional cu sarcina (greutatea) aplicată pe o platformă. Semnalul electric se transformă apoi prin adaptor în semnal unificat sau în semnal numeric (c.a. *numerică*). Traductoarele cele mai răspîndite la c.a. sînt dozele tensometrice. O altă metodă de c.a. este aceea a cantității de material transportată pe o bandă, la care de regulă se măsoară debitul instantaneu, semnalul proporțional cu acesta înregistrîndu-se pentru determinarea cantității totale transportate într-un interval de timp.

**clapetă**, organ destinat reglării debitelor de fluide ce curg prin conducte (canale) avînd secțiuni mari și căderi de presiune în sistem relativ mici; modificarea secțiunii de trecere a fluidului se face fie prin deplasarea c. perpendicular față de curentul de fluid în mișcare, fie prin rotirea c. în jurul axei sale (fig. C.9).



Fig. C.9. Tipuri de clapete.

**clasă de echivalență** (a unui element  $s \in S$  față de o  $\rightarrow$ relație de echivalență  $R$  pe mulțimea  $S$ ) mulțimea elementelor din  $S$  echivalente cu  $s$ :  $[s] = \{t: tRs\}$ .

**clasă de precizie**, indicator prin care se exprimă eroarea tolerată asupra rezultatelor măsurărilor individuale obținute cu un aparat de măsurat în condițiile utilizării corecte a acestuia. C.p. este un indicator de calitate a aparatelor de măsurat. De regulă, c.p. are caracterul unei erori relative și se exprimă procentual. De ex. pentru un aparat de măsurat cu domeniul  $0 - X_{max}$  și la care eroarea tolerată  $\Delta X_{ad}$  absolută este constantă pe întreg domeniul, c.p. se exprimă sub forma

$$c = \frac{\Delta X_{ad}}{X_{max}} \cdot 100 \quad [\%]$$

C.p. pentru aparatele de laborator sînt 0,1; 0,2; 0,5, iar pentru cele industriale 1; 1,5; 2,5. În instalațiile automate c.p. se specifică pentru traductoare, acestea fiind elementele care realizează funcțiile de măsurare.



cod, modalitate universală de prezentare a informației în vederea memorării, transmiterii și prelucrării, realizând corespondența între mesajele primare și semnale. C. sînt utilizate pentru transmiterea informației discrete pe canale de legătură, în dispozitive de calcul numeric și în instalații complexe de automatizare. Fiind dată mulțimea mesajelor primare, provenind de la sursa de informație,  $B = \{b_i\}$  ( $i = 1, \dots, n$ ) și un alfabet de c.  $A$  cu elemente  $\{a_i\}$  ( $i = 1, \dots, m$ ), succesiunea unui număr finit de simboluri ale alfabetului  $A$  poartă numele de cuvînt de c. Mulțimea cuvintelor pe alfabetul  $A$  formează un c. dacă se poate stabili o corespondență biunivocă între mulțimea primară  $\{b_i\}$  și mulțimea cuvintelor de c. formată pe acest alfabet. Fiecare cuvînt ce intră în c. considerat poartă numele de cuvînt de c. cu sens, sau numai cuvînt (combinație de c.). Numărul simbolurilor care intră în alcătuirea unui cuvînt de c. fixează lungimea cuvîntului de c.

— În transmiterea informației se întîlnesc următoarele categorii principale de c.:

- c. *nesingular*, c. la care toate cuvintele sînt distincte;
- c. *unic decodabil*, c. la care fiecărei succesiuni de cuvinte îi corespunde o singură succesiune de litere (cuvinte) ale sursei de informație;
- c. *separabil*, c. unic decodabil ce nu utilizează semne de demarcare între cuvinte;
- c. *instantaneu*, c. la care nici un cuvînt de c. nu este prefix la un alt cuvînt de c.;
- c. *optimale* (absolut optimale), c. care au eficiență maximă, în sensul că lungimea medie a cuvintelor este minimă. În practică, codarea optimală nu poate fi atinsă, iar c. care au cea mai mică lungime medie posibilă în condiții concrete de transmisie a informației poartă numele de c. *cvasioptimale* (sau c. *compacte*);
- c. *bloc*, c. la care toate cuvintele au aceeași lungime (se mai numesc c. *uniforme*);
- c. *neuniforme* (*non-bloc*), c. la care cuvintele au lungimi diferite;
- c. *recurente* (*involuționale*), c. la care transmisia informației nu se face prin cuvinte, ci printr-o succesiune continuă de impulsuri; se utilizează în cazul în care se urmărește corecția pachetelor de erori;
- c. *protejat*, c. care permite pe baza unui algoritm de prelucrare a informației detecția și corecția unui număr de erori (sau a unor pachete de erori). După cum asigură numai detecția sau și corecția erorilor, un c. protejat poate fi:
  - c. *detector* sau c. *corector* (*autocorector*). Toate c. protejate sînt redundante, în sensul că, pe lîngă simbolurile purtătoare de informație se introduc o serie de simboluri suplimentare de control, care permit detecția sau corecția erorilor;
- c. *sistematic*, c. protejat la care toate simbolurile de informație sînt simboluri succesive, plasate fie la începutul, fie la sfîrșitul cuvîntului; utilizarea c. sistematice facilitează operația de separare a simbolurilor informaționale de simbolurile de control;
- c. *(de) grup*, c. de bloc la care mulțimea cuvintelor formează grup față de operația de adunare. Se mai numesc c. *liniare*;
- c. *ciclice* (*polinomiale*), c. la care cuvîntul cu  $n$  simboluri  $C = [a_0, a_1, \dots, a_n]$  se poate reprezenta prin forma de polinom:  $C(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_{n-1}x^{n-1}$ , coeficienții  $a_i$  fiind elemente binare: 0 sau 1. C. ciclice permit efectuarea de operații matematice mai complexe (pe lîngă adunare și inversa ei, înmulțire și inversa ei). Mecanismul detecției erorilor la aceste c. constă în alegerea cuvintelor cu sens ca fiind divizibile cu un polinom  $g(x)$  (numit polinom gene-



rator al  $c$ ). Dacă în procesul de transmisie a informației nu au apărut erori, polinomul care reprezintă cuvântul recepționat divizat la  $g(x)$  va da un rest nul; dacă apar erori restul va fi diferit de zero. Denumirea de ciclic provine de la faptul că toate cuvintele se obțin prin permutări circulare ale simbolurilor unui singur cuvânt;

$c$ . perfect,  $c$ . care corectează toate combinațiile de erori în număr de  $n$ , dar nici o combinație de  $n + 1$  erori.

O serie de  $c$ . utilizate în transmisia informației poartă numele celor care le-au propus. Dintre cele mai importante se menționează:  $c$ . Hamming ( $n, k$ ),  $c$ . de grup perfect, la care într-un cuvânt se disting  $m$  biți de control,  $n = 2^m - 1$  biți, și  $k = n - m$  biți informaționali, biții de control ocupând pozițiile  $2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^{m-1}$  în structura cuvântului. Relațiile de control reprezintă sume modulo 2 între diferiți biți;  $c$ . Slepian ( $n, d$ ),  $c$ . sistematic de grup, care conține toate cuvintele de  $n$  biți cu distanța între ele „ $d$ ”. Un astfel de  $c$ . se mai numește optimal;  $c$ . Golay  $c$ . sistematic optimal perfect;  $c$ . Reed -Muller,  $c$ . de grup ce pot fi asimilate  $c$ . Hamming, la care lungimea de cuvânt a codului este  $n = 2^k$ , cu distanța minimală  $d = 2^{k-r}$ , unde

$r$  reprezintă numărul biților de informație:  $i = \sum_{j=0}^r C_n^j$ ;  $c$ . Mc.Donald,  $c$ .

liniare de grup, având ca distanță minimală limită superioară Plotkin;  $c$ . Bose-Chaudhuri,  $c$ . ciclic definit prin rădăcinile polinomului său generator, lungimea codului fiind egală cu cel mai mic multiplu comun al ordinelor rădăcinilor.

— În situațiile în care nu se urmărește transmisia la distanță a informației, ci prelucrarea sa în echipamente numerice sau stocarea într-o formă accesibilă, se utilizează  $c$ . de redundanță scăzută, dar cu facilități de calcul sau de codare/decodare a caracterelor alfanumerice. Cele mai utilizate  $c$ . sînt cele binare, care folosesc doar mulțimea simbolurilor binare (o excepție o constituie codul Morse utilizînd trei simboluri: linie, punct, pauză, utilizat încă în telegrafie).  $C$ . binar natural reprezintă orice număr (corespunzător ordonării unui alfabet) în baza de numerație 2:  $N = a_n 2^n + a_{n-1} 2^{n-1} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0$ , cu  $a_i = 0$  sau 1.  $C$ . binar natural este astfel un  $c$ . ponderat, adică fiecare poziție dintr-o succesiune de simboluri binare reprezentînd un cuvînt are asociată o pondere.  $C$ . ponderate se pretează la calcule numerice după reguli clasice de adunare sau multiplicare. O serie de  $c$ . binare se utilizează pentru o echivalare directă a cifrelor din sistemul de numerație zecimal și poartă numele de  $c$ . binar-zecimale. Numărul minim de biți necesar pentru a codifica cele 10 cifre zecimale este 4, dar există și  $c$ . cu redundanță sporită, care folosesc mai mult de 4 cifre binare, avînd în acest fel posibilități de detecție sau corecție a erorilor. În tabelul C.1 se prezintă cîteva din principalele tipuri de  $c$ . binar zecimale, denumite și  $c$ . zecimale codificate binar. Cu excepția  $c$ . Gray toate  $c$ . prezentate în tabelul C.1 sînt ponderate.  $C$  8421 reprezintă  $c$ . zecimal codificat binar natural;  $c$ . Aiken și  $c$ . MBQ au ponderi particulare pe bitul 4, ceea ce facilitează implementarea numărătoarelor zecimale în anumite tehnologii;  $c$ . Stibitz are zero neechivoc (nu poate fi confundat cu absența tensiunii de alimentare) și în plus are proprietăți de simetrie, combinațiile dispuse simetric față de linia dintre simbolurile 4 și 5 fiind complementare;  $c$ . 2 din 5 (sau 3 din 5, dacă se înlocuiește 0 cu 1 și 1 cu 0) este un  $c$ . cu număr de elemente selective constant, numit și combinațional. Avînd distanța Hamming 3 permite detectarea unei erori.



Tabelul C.1

Simbol	Cod 8421	Cod 2421 (Arken)	Cod Exces 3 (Stibitz)	Cod 2 din 5	Cod biquinar	Cod 5421 (MBO)	Cod Gray
0	0000	0000	0011	11000	0100001	0000	0000
1	0001	0001	0100	00011	0100010	0001	0001
2	0010	0010	0101	00101	0100100	0010	0011
3	0011	0011	0110	00110	0101000	0011	0010
4	0100	0100	0111	01001	0110000	0100	0110
5	0101	1011	1000	01010	1000001	1000	0111
6	0110	1100	1001	01100	1000010	1001	0101
7	0111	1101	1010	10001	1000100	1010	0100
8	1000	1110	1011	10010	1001000	1011	1100
9	1001	1111	1100	10100	1010000	1100	1101

C. *biquinar* are proprietăți de simetrie care facilitează înmulțirea a două numere (realizabilă numai prin operații de deplasare). C. *Gray* (numit și reflex, datorită simetriei în oglindă a biților) are proprietatea că diferitele combinații succesive nu diferă între ele decât printr-un singur bit; din această cauză c. Gray se utilizează la codificarea traductoarelor numerice de poziție sau rotație, reducând probabilitatea de citire eronată la cel mai puțin semnificativ bit. C. *octal*, c. alcătuit din simbolurile 0, ..., 7, deci cu baza de numerație 8, utilizat pentru reprezentarea mai comodă a numerelor în sisteme de calcul. C. *hexazecimal*, c. al alfabetului constituit din mulțimea tuturor combinațiilor de 4 cifre binare, conținând (în ordinea creșterii valorilor binare de la 0000...1111) simbolurile 0, 1, ..., 9, A, B, ..., F. C. hexazecimal permite simplificarea evidentă a exprimării cuvintelor binare (de ex., cuvântul binar 11100110 se codifică E6 în c. hexazecimal. C. *ASCII*, c. cu 7 cifre binare pentru alfabetul constituit din cifre zecimale, litere mari și mici, semne de punctuație, operatori aritmetici, simboluri pentru controlul comunicației și editare. Denumirea sa provine din lb. engleză (*American Standard Cod for Information Interchange*). Deoarece cuvintele de 8 biți sînt mai frecvent utilizate în tehnica numerică de calcul, se utilizează și c. *ASCII-8* care diferă de cel inițial prin adăugarea unui bit de control. C. *ISO*, c. standard utilizat pentru codificarea informațiilor alfanumerice, foarte asemănător cu *ASCII*, avînd 8 cifre binare. Este întîlnit frecvent în codificarea pe suport bandă perforată a programelor de prelucrare pe mașinile dotate cu echipamente de comandă numerică. Din cei 8 biți doar 7 sînt informaționali, unul asigurînd controlul de paritate. C. *EIA*, c. cu performanțe asemănătoare cu *ISO*, utilizat mai mult în S.U.A. C. *EBCDIC*, c. destinat codificării caracterelor alfanumerice, semnelor de punctuație, operatorilor aritmetici și logici, simbolurilor pentru controlul comunicației și editare, dezvoltat pentru sistemele de calcul *IBM* (denumirea provine din lb. engleză: *Extended Binary Coded Decimal Interchange Code*). C. *Hollerith*, c. cu 6 cifre binare pentru cele 48 de simboluri ale alfabetului limbajului *FORTRAN*, utilizat pentru stocarea informației pe cartele perforate (o cartelă conține 80 de cuvinte în c. *Hollerith*). C. *mașină*, c. binar, la care fiecare cuvînt cu sens corespunde unui simbol al alfabetului format din operațiile pe care le poate executa o anumită unitate centrală de prelucrare.

codificator, dispozitiv logic combinațional cu un număr mare de intrări, care generează adresa intrării active. Dacă prin proiectarea sistemului se garantează o singură intrare activă în c., atunci logica c. este foarte simplă și poate fi implementată cu porți. Dacă mai multe intrări pot fi active la un moment de timp, un c. simplu ar genera funcția SAU logică a adreselor acestor intrări. C.



Tabelul C.2

INTRĂRI									IEȘIRI				
$\overline{EI}$	$\overline{I_0}$	$\overline{I_1}$	$\overline{I_2}$	$\overline{I_3}$	$\overline{I_4}$	$\overline{I_5}$	$\overline{I_6}$	$\overline{I_7}$	$\overline{GS}$	$\overline{A_0}$	$\overline{A_1}$	$\overline{A_2}$	$\overline{EO}$
1	x	x	x	x	x	x	x	x	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	1
0	x	x	x	x	x	x	0	1	0	1	0	0	1
0	x	x	x	x	x	0	1	1	0	0	1	0	1
0	x	x	x	x	0	1	1	1	0	1	1	0	1
0	x	x	x	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
0	x	x	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
0	x	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

cu prioritate generează adresa intrării active de cea mai înaltă prioritate. Prioritatea este predeterminată în funcție de poziția intrărilor. În tabelul C.2 este prezentat modul de operare a c. integrat 9318. unde  $\overline{EI}$  reprezintă semnalul de activare a intrărilor,  $\overline{E_0}$  — activare ieșiri și  $\overline{GS}$  — ieșire de semnal de grup. Aplicații ale c. cu prioritate: codificare binară sau zecimală, realizarea convertoarelor analog-numerice și numeric-analogice, circuite de tratare a cererilor de întreruperi și alocare de priorități comenzilor în sisteme de tip microcalculator, acordarea magistralei comune în sisteme multiprocesor.

coeficient de amortizare, pentru sistemul de întârziere de ordinul II descris de ecuația

$$\ddot{y}(t) + 2\zeta\omega_n\dot{y}(t) + \omega_n^2 y(t) = \omega_n^2 u(t)$$

adică avînd funcția de transfer

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

parametrul  $\zeta$  se numește c. de a., deoarece pentru  $\zeta \in [0,1]$  decrementul oscilației este

$$\psi = 1 - e^{-\frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$$

și deci este determinat de  $\zeta$ . Și în cazul  $\zeta > 1$  acest parametru caracterizează convergența răspunsului spre regimul stabilizat. După valorile c. de a., regimurile tipice ale sistemului de ordin II au primit denumirile:

- regim neamortizat  $\zeta = 0$  ( $\psi = 0$ )
- regim subamortizat  $\zeta \in (0,1)$  ( $0 < \psi < 1$ )
- regim amortizat critic  $\zeta = 1$  ( $\psi = 1$ )
- regim supraamortizat  $\zeta > 1$  —

coincidență, funcție booleană de două variabile binare care dă la ieșire valoarea logică 1, dacă variabilele de intrare coincid (ambele 0 sau ambele 1). Complementara funcției c. este funcția SAU-EXCLUSIV (sumă modulo 2, →anticoincidență). Funcția c. (sau identitate, sau echivalență) se notează cu  $\odot$  și se exprimă  $x \odot y = xy \cup \bar{x}\bar{y}$ .



colectare de date, activitate de obținere de informații despre un proces, în vederea conducerii acestuia. Pentru c. de d. se folosesc fie echipamente de sine stătătoare, fie sisteme speciale ( $\rightarrow$  sistem de interfață,  $\rightarrow$  sistem înțrări analogice,  $\rightarrow$  sistem înțrări numerice). În acest al doilea caz c. de d. se face prin program, sub controlul unui procesor. Datele colectate sînt supuse prelucrării primare ( $\rightarrow$  algoritmul de prelucrare primară a datelor) în vederea utilizării la elaborarea comenzilor.

comandă adaptivă a mașinilor unelte, acțiune de conducere automată a instalației mașină-unelte, care, conservînd proprietatea de comandă a deplasărilor corespunzătoare traiectoriei impuse a punctului de interacțiune piesă — sculă, urmărește satisfacerea și a unui criteriu suplimentar tehnico-economic, cu implicații directe în controlul operației de prelucrare prin așchiere. C.a.a.m.u. se realizează în două variante de bază: a) conducerea după un criteriu de performanță aprioric cunoscut, de ex., încărcare maximă controlată a mașinii, descrisă prin menținerea unei mărimi mecanice, ce reflectă cît mai complet efortul de așchiere, la valori limită superioare (moment de torsiune sau de încovoiere la arborele de lucru, putere a motorului acționării principale, ș. a.); b) optimizarea unui indice tehnico-economic global de tipul: productivitate, preț de cost al uzinării (incluzînd operațiile de pregătire a fabricației), timp de uzinare, durabilitate a sculei etc. C.a.a.m.u. se bazează pe identificarea subsistemelor cinematice de avans approximate la o comportare liniară și a subsistemului de așchiere, în esență neliniar. Mărimile de conducere ce realizează adaptarea sînt, indiferent de tipul mașinii, viteza de avans  $w$  de deplasare pe o axă a organului mobil, turația  $n$  a arborelui principal, adîncimea de tăiere. Problemele de adaptare implică funcții obiectiv neliniare, operînd în prezența unui set de restricții care definesc un domeniu de lucru admisibil. Considerînd o c.a.a.m.u. cu  $t$  fixat, frontierele domeniului admisibil sînt date de puterea motorului acționării principale  $P$ , momentul de torsiune la arborele de lucru  $M_t$ , momentul de încovoiere  $M_i$ , avansul pe dînte  $S_d$ , viteza de avans  $w$ , turația  $n$  (fig. C.10). Strategia de conducere adaptivă realizează încadrarea punctului de funcționare în vecinătatea traiectoriei optime. Se apreciază că prin conducere efectivă cu adaptare, sporul de productivitate al așchierii poate atinge 80 %. O configurație standard de adaptare se poate realiza cu un echipament de calcul specializat, ce operează în timp real, asociat cu un subsistem de culegere și prelucrare primară a datelor din proces și cu o interfață de comandă a elementelor de execuție. Optimizarea se realizează prin menținerea punctului de funcționare pe o traiectorie calculată, neliniară, de expresie  $w^q n^{1-q} = \text{const.}$ , ceea ce impune testarea poziției în raport cu frontierele ce definesc domeniul admisibil. Struc-

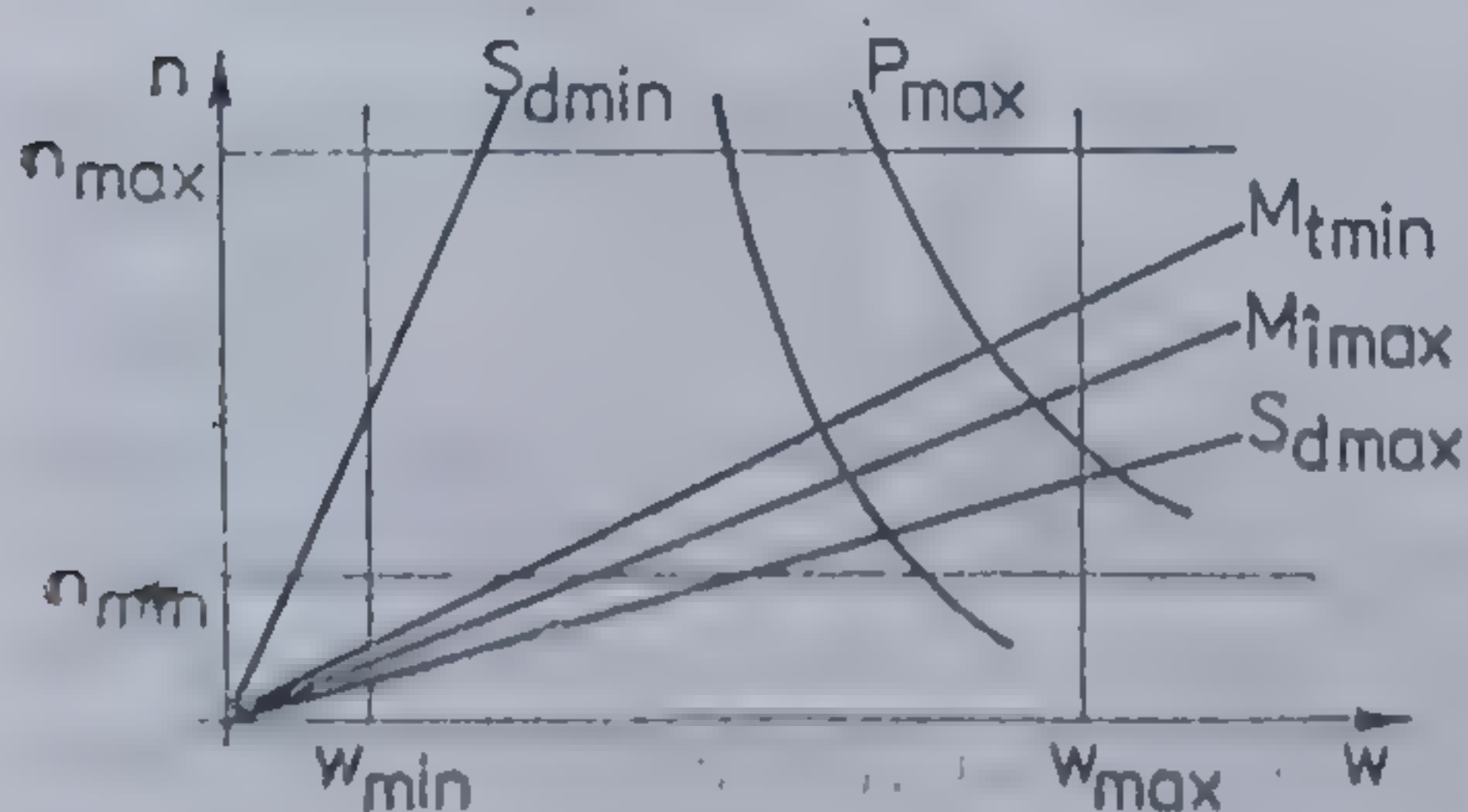


Fig. C.10. Delimitarea domeniului admisibil pentru comanda adaptivă a mașinilor unelte.

turile moderne de conducere automată a mașinilor unelte implementează funcțiile de conducere adaptivă în configurații multiprocesor (CN—CA) care asigură și comanda deplasărilor organelor mobile.



comanda convențională a mașinilor unelte, ansamblu de funcții de comandă cu caracter discret, ce asigură: porniri și opriri ale motoarelor principale și de avans, schimbarea sensurilor de rotație, frânări, cuplarea și decuplarea circuitelor pentru răcirea zonei de contact sculă — piesă sau ungerea angrenajelor din cutiile de viteze, interblocări de avarie, semnalizări optice și acustice, ș. a. Comanda convențională permite astfel cuplarea unor subansamble ale mașinii-unelte într-o ordine bine determinată. Echipamentele de c.e.a.m.u. sînt realizate cu relee, elemente logice cu comutație statică și în ultimul timp cu ajutorul automatelor programabil.

comandă (după) program, procedeu de conducere a unui proces industrial, la care informația necesară conducerii este transpusă în faza externă de prelucrare a datelor sub forma unui program, memorată și stocată într-un dispozitiv port-program; în faza internă de prelucrare a datelor urmează ca acest program să fie citit, decodificat și prelucrat de un sistem de comandă care transmite procesului, pe măsura desfășurării lui, informațiile de comutație, deplasare, reglare, necesare. Clasificarea sistemelor de c.p. se poate face după: natura legăturilor între parametri: sisteme c.p. *poziționale* (la care atingerea valorilor finale de către anumiți parametri nu e influențată de evoluția în timp a acestora); sisteme c.p. *funcționale* (la care există legături funcționale între parametri); natura informației vehiculate intern: sisteme c.p. *numerice*, sisteme c.p. *analogice* și sisteme c.p. *hibride*; tipul buclelor de reglare: sisteme c.p. *în circuit deschis*, sisteme c.p. *în circuit închis*; modul de introducere a datelor: sisteme c.p. *cu program codificat*, sisteme c.p. *cu program necodificat*.

Sistemele de c.p. cunosc o largă dezvoltare în domeniul conducerii mașinilor-unelte; cele mai cunoscute sînt: *comanda prin came profilate*, la care programul mașinii este memorat în profilul unei came, care transmite informațiile înmagazinate prin modificarea poziției sale unghiulare în raport cu un palpator, cu care se află în permanent contact; *comanda secvențială*, ce constă din memorarea mărimilor deplasărilor prin poziția unor călăreți fixați în reglete cu mai multe canale paralele, longitudinale, fiecare regletă fiind asociată unei axe a mașinii și fiecare canal fiind asociat unei secvențe de lucru, particularizată prin poziția călărețului, care este sesizată prin microîntreruptor; *comanda cu copiere după șablon* care memorează programul prin forma unui șablon, ce poate fi executat în două sau trei dimensiuni. Un palpator, de obicei electric sau hidraulic, urmărește în permanență șablonul și transmite mașinii comenzile de deplasare necesare pentru executarea piesei.

comandă numerică, comandă după program la care programul/piesă este memorat pe un purtător adecvat (bandă perforată, bandă magnetică), sub formă de date numerice codificate (*cod ISO, EIA*), și care conține un sistem de comandă capabil să citească, să decodifice și să prelucreze numeric datele programului și informațiile de reacție provenite de la traductoarele mașinii, în scopul emisiei de comenzi continue către elementele de execuție (motorul de avans și cel principal), către secțiunea de comandă convențională. Echipamentele de c.n. au dezvoltat secțiunea de interfață cu operatorul, atât în sensul introducerii de date de la tastatură și comutatoare, cît și în sensul afișării numerice sau alfanumerice a informațiilor privind starea de execuție a progra-



mului și evoluția deplasărilor pe axele mașinii. În fig. C.11 este prezentată structura bloc a unui sistem c.n.

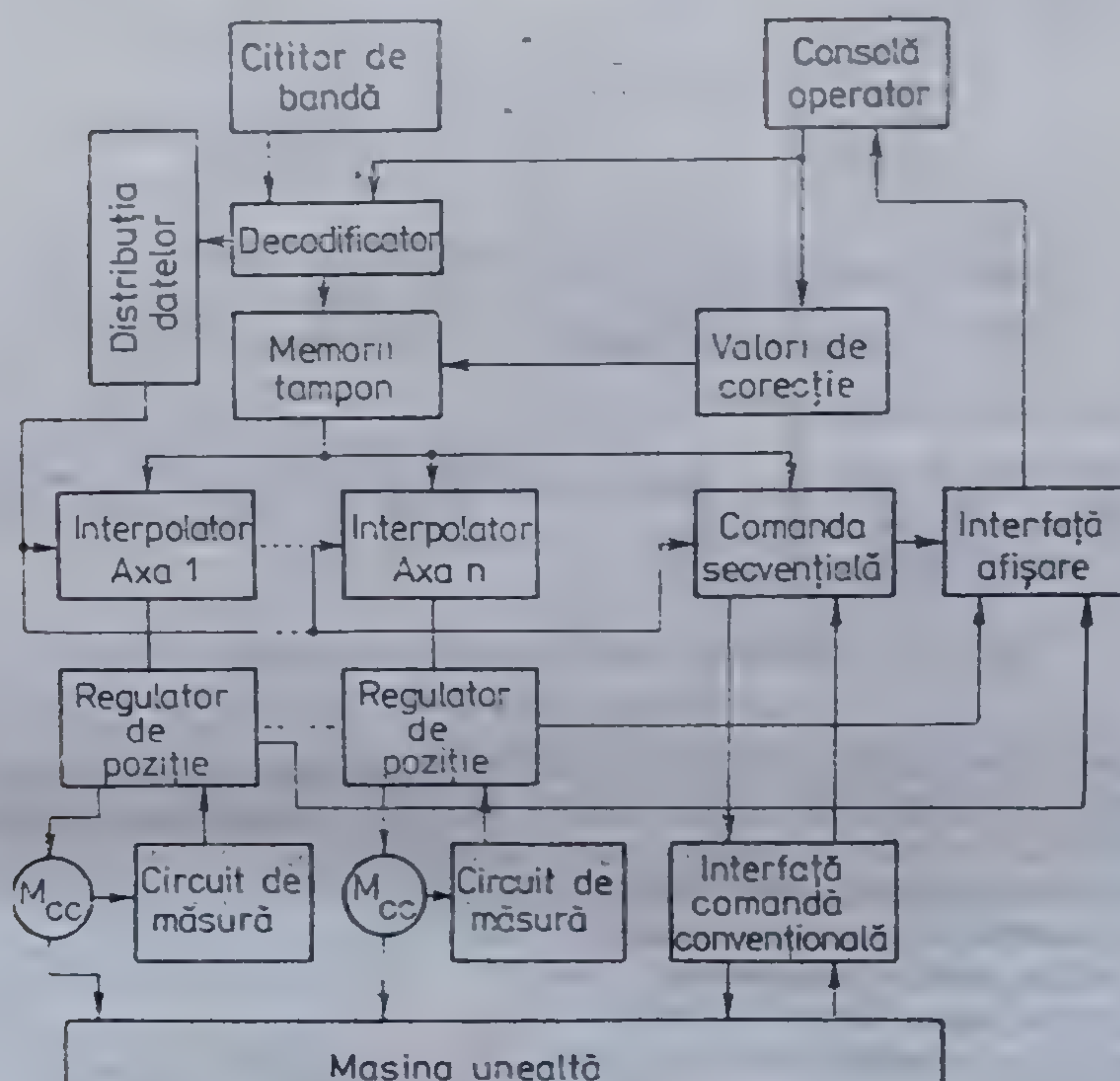


Fig. C.11. Schema bloc a unui sistem comandă numerică.

**comandă numerică cu calculator**, comandă numerică care realizează prelucrarea informațiilor asociate programului piesă și de la traductoarele mașinii printr-un calculator de proces (de ex., minicalculator sau microcalculator) cu programare liberă, avînd ca scop conducerea unei singure mașini-unelte. Funcțiile de achiziție ale programului piesă și ale comenzilor operatorului, de prelucrare a informației de la traductoarele mașinii, de prelucrare a informațiilor și de distribuție a comenzilor către elementele de execuție sînt definite prin rutine specifice în cadrul sistemului de programe al calculatorului, iar unitatea centrală a acestuia coordonează activitatea acestor rutine și transferul de date în și de la memorie, cît și a interfețelor mașinii, perifericelor utilizate și consolei. Un sistem c.n.cu c. se poate realiza în următoarele variante structurale: cu minicalculator de proces (de ex., *PDP*, *CORAL*), cu microcalculator cu unitate centrală deosebit de puternică (de ex., *LSI 11*) în configurație monoprocesor (fig. C.12), sau în configurații multimicroprocesor, cu distribuția sarcinilor



de comandă între un număr de 2—3 microprocesoare cu lungime de cuvânt de 16 biți (de ex., *I. 8086*) sau de tip bit — slice (de ex., *I 3000*, *Am 2900*).

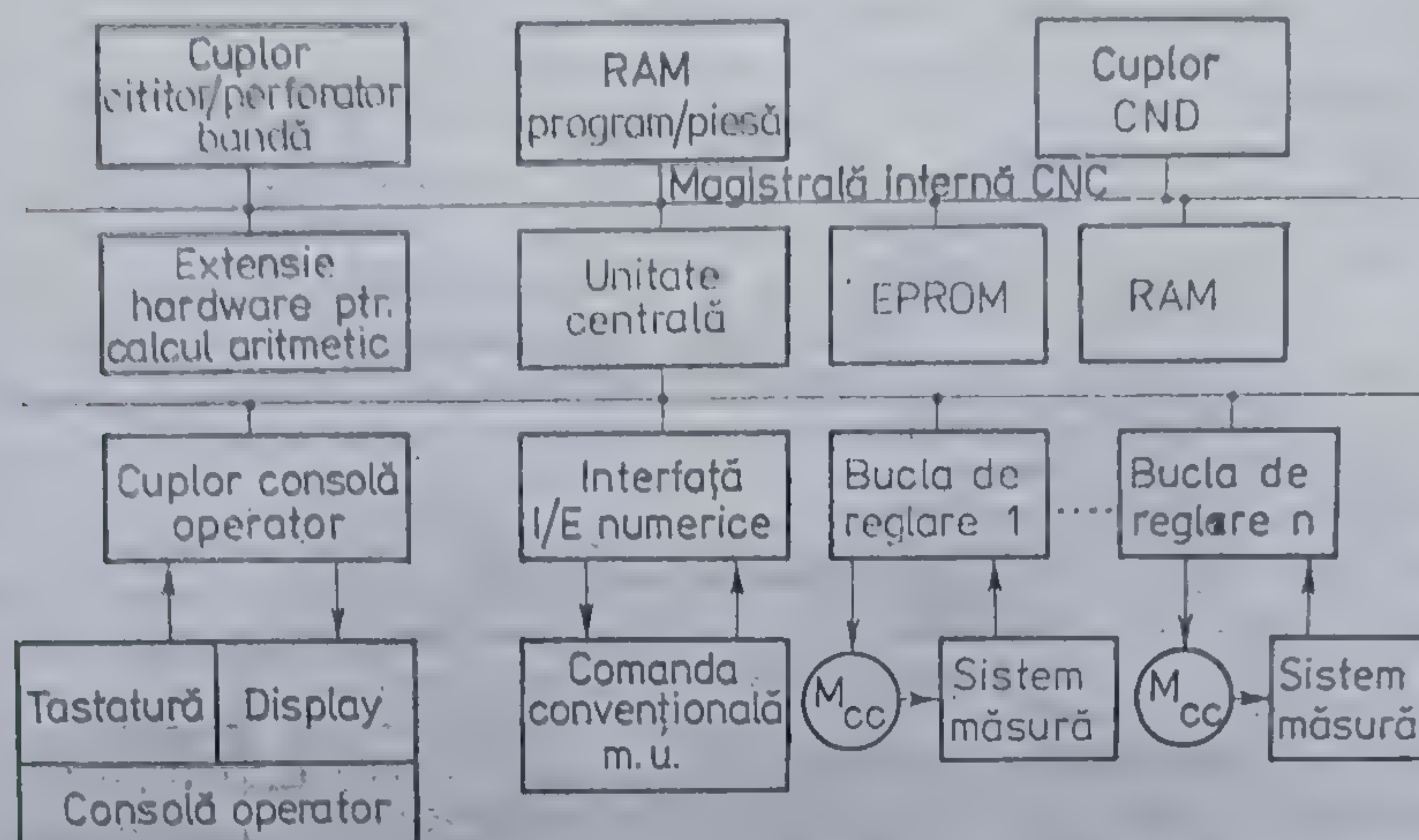


Fig. C.12. Schema unui sistem comandă numerică.

comandă numerică directă, modalitate de conducere directă prin calculator numeric a unui grup de mașini-unelte dotate cu comandă numerică. C.n.d. conectează un număr de mașini-unelte la o memorie comună a unui calculator care gestionează programele piesă, le distribuie și le lansează în lucru pe baza unei comunicări directe (mod interactiv, conversațional, în timp real) cu mașinile unelte comandate. Comunicarea directă între calculator și mașinile-unelte este asigurată de un sistem de transmisie a semnalelor numerice, eliminându-se astfel necesitatea utilizării cititoarelor de bandă. Principalele configurații de sisteme c.n.d. sînt : *reduc*, *BTR* (behind the tape reader), *ierarhic*.

comparator diferențial, element tipic al structurii de sistem de reglare automată, ce realizează comparația dintre mărimea de referință și măsură. Această comparație se face prin diferență, rezultînd la ieșirea c.d. mărimea de

eroare (fig. C.13). Funcția de transfer de la  $y_r$  la  $\epsilon$  este  $H_\epsilon(s) = \frac{1}{1 + H(s)}$  și

se numește *funcția de transfer a erorii*. Din punct de vedere constructiv c. d. este adesea inclus în regulatorul automat.



Fig. C.13. Structura unui comparator diferențial.

comparator logic, dispozitiv ce realizează comparația a doi operanzi exprimați sub formă numerică, pe unul sau mai mulți biți. C. l. sînt de două tipuri: c. l. de identitate și c. l. de mărime. Comparația operanzilor se poate face serie sau paralel. C. l. de identitate primește două cuvinte de  $n$  biți lungime,  $A$  și  $B$ , și detectează dacă cei doi operanzi sînt egali sau nu, prin ieșirile  $A=B$  și  $A \neq B$ .







**compilare**, transpunerea programului sursă, scris într-un limbaj de nivel superior, în forma programului obiect, scris în limbajul mașinii căreia programul îi este destinat. Pentru c. se folosește un pachet de programe numit → **compilator**. Cum resursele (putere de calcul, memorie, periferice) solicitate de c. sînt însemnate, implementarea de compilatoare pe sisteme mici nu este justificată. În aceste situații c. se face pe un calculator universal, iar codul obiect rezultat (imagine direct executabilă) este încărcat în memoria microsistemului; de ex., un sistem de conducere a proceselor.

**compilator**, sistem de programe necesar transformării în cod mașină a unui program scris într-un limbaj de nivel superior (*FORTRAN*, *PASCAL*, *PL. I* etc.). În majoritatea cazurilor compilarea programelor destinate unui sistem de conducere a proceselor se face pe un calculator universal și nu pe sistemul propriu-zis. Scrierea programelor în limbaj de nivel superior oferă avantaje (timp scurt de elaborare a programelor, grad ridicat de independență față de unitatea centrală ce urmează a rula programele), dar și un important dezavantaj: rularea programelor pentru o aplicație dată, scrise în limbaj de asamblare, este de pînă la 4 ori mai rapidă decît a programelor scrise în limbaj de nivel superior, element extrem de important în aplicații de timp real, pentru care conducerea proceselor industriale este un reprezentant tipic.

**complement**, al unui număr  $A$  cu  $n$  cifre, reprezentat într-un sistem de numerație de bază  $b$ , este unul din numerele  $B$  sau  $C$ , obținute cu relațiile:  $B = b^n - A$  și  $C = b^n - 1 - A$ .  $B$  se numește c. bazei, iar  $C$  c. bazei micșorate cu 1, astfel că  $B = C + 1$ .  $C$ , față de doi, este c. bazei față de numerele binare; de ex., dacă  $A = 110$ , c. față de doi va fi  $B = 010$ , adică  $2^3 - A$ .  $C$ , binar este c. bazei micșorate cu 1 pentru elemente binare (c. binar  $C'$  al elementului binar  $C$  se bucură de proprietatea  $C + C' = 1$ ,  $C \cdot C' = 0$  și se mai numește c. față de unu.  $C$ , față de nouă este c. bazei micșorate cu 1 pentru numere reprezentate în sistemul de numerație zecimal. Utilizarea codurilor complementare (binare în special) permite efectuarea simplă de operații de scădere în dispozitive numerice de calcul.

**componentă forțată** (a unui sistem) reprezintă răspunsul sistemului cînd:  $x(t_0) = 0$  (respectiv  $y^{(i)}(t_0) = 0$ ,  $i = 0, n - 1$ ) și  $u(t)$  este specificat.

În cazul → sistemelor liniare această componentă este:

$$\left. \begin{aligned} x_f(t) &= \int_{t_0}^t \Phi(t, \tau) B(\tau) u(\tau) d\tau \\ y_f(t) &= C(t) \int_{t_0}^t \Phi(t, \tau) B(\tau) u(\tau) d\tau \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{sisteme variante continui} \\ (t \geq t_0, t \in \mathbb{R}) \end{array}$$

$$\left. \begin{aligned} x_f(t) &= \int_0^t e^{A(t-\tau)} B u(\tau) d\tau \\ y_f(t) &= C \int_0^t e^{A(t-\tau)} B u(\tau) d\tau \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{sisteme invariante continui} \\ (t_0 = 0, t \geq 0, t \in \mathbb{R}) \end{array}$$



$$\left. \begin{aligned} x_f(t) &= \sum_{k=0}^{t-1} A^{t-k-1} B u(k) \\ y_f(t) &= C \sum_{k=0}^{t-1} A^{t-k-1} B u(k) \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{sisteme invariante discrete} \\ &(t_0 = 0, t \geq 0, t \in \mathbb{Z}) \end{aligned}$$

La sistemele continue și invariante se poate calcula  $y_f(t)$  direct din matricea de transfer.

**componentă liberă** (a unui sistem), reprezintă răspunsul acestuia cînd:  $x(t_0) = x_0 \neq 0, u(t) \equiv 0, \forall t$  la caracterizarea de stare, respectiv  $y^{(i)}(t_0) = y_{i0} \neq 0, i = 0, n-1, u(t) \equiv 0, \forall t$  la caracterizarea intrare-ieșire (care evident se convertește în condiții inițiale pe stare). În cazul  $\rightarrow$  sistemelor liniare c. l. este:

$$\left. \begin{aligned} x_l(t) &= \Phi(t, t_0) x_0 \\ y_l(t) &= C(t) \Phi(t, t_0) x_0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{sisteme variante continuu} \\ &(t \geq t_0, t \in \mathbb{R}) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} x_l(t) &= e^{At} x_0 \\ y_l(t) &= C e^{At} x_0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{sisteme invariante continuu} \\ &(t_0 = 0, t \geq 0, t \in \mathbb{R}) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} x_l(t) &= A^t x_0 \\ y_l(t) &= C A^t x_0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{sisteme invariante discrete} \\ &(t_0 = 0, t \geq 0, t \in \mathbb{Z}) \end{aligned}$$

În cazul sistemelor invariante continuu se poate aplica și metoda transformatei Laplace pentru calculul c. l.

**componentă stabilizată**, termenul  $Vu(t)$  din răspunsul forțat al sistemului invariant, liniar și stabil

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

pentru care, în condiții inițiale nule, se poate scrie

$$x(t) = x_f(t) = \xi(t) + Vu(t),$$

unde  $\xi(t) \rightarrow 0, t \rightarrow \infty$  reprezintă componenta tranzitorie, iar  $V$  este o  $(n \times m)$  matrice constantă. După cum se vede, un sistem stabil va avea în răspuns o componentă de același tip cu mărimea de intrare și care va determina comportarea stabilizată a acestuia.

**compunerea automatelor**, operație de formare repetată de  $\rightarrow$  cascade de automate și de elemente de codificare și decodificare fără memorie, în scopul obținerii de automate simulabile prin astfel de combinații. Mai riguros, dîndu-se o mulțime  $M$  de automate, se definește c. a.  $C(M)$  cea mai mică familie de automate care conține pe  $M$  și este închisă față de operațiile de conexiune în cascadă.

**comutator analogic**, dispozitiv necesar pentru asigurarea conectării conform unor configurații date între  $m$  intrări analogice și  $n$  ieșiri analogice. Cazul  $n = 1$  caracterizează multiplexorul analogic, întâlnit în sistemul intrărilor analogice, în care  $m$  canale analogice de intrare folosesc în comun un singur convertor analog-numeric. Cazul  $m = 1$  caracterizează demultiplexorul ana-



logic, utilizat în acele sisteme ale ieșirilor analogice în care cele  $n$  ieșiri necesită un singur convertor numeric-analogic. C. a. poate fi de tip simplu sau diferențial. Constructiv, c. a. este compus din cheile electronice realizând comutarea propriu-zisă și din logica de comandă care asigură legarea galvanică a unei anumite intrări  $i$  la o anumită ieșire  $j$ .

**comutație**, procedură de modificare discretă a fluxului energetic sau informațional în diverse circuite, utilizată în automatizarea secvențială a proceselor, în tehnica reglării numerice și în organizarea structurilor de conducere cu calculator a procesului. C. se realizează prin  $\rightarrow$  dispozitive de comutație. C. în teoria sistemelor  $\rightarrow$  hipersuprafață de comutație.

**condiții inițiale** (pentru un sistem), valoarea vectorului de stare  $x(t)$  la momentul inițial  $t = t_0$ ; în cazul sistemelor invariante momentul inițial se alege  $t_0 = 0$ , deci c.i. sînt reprezentate de  $x(0)$ . În cazul sistemelor liniare și invariante caracterizate intrare-ieșire:

$$\sum_{i=1}^n a_i y^{(i)}(t) = \sum_{j=1}^m b_j u^{(j)}(t); m < n$$

c.i. sînt reprezentate de  $\{y(0), \dot{y}(0), \ddot{y}(0), \dots, y^{(n-1)}(0)\}$ . Pentru același sistem liniar și invariant între c.i. pe ieșire și pe stare există relația

$$\begin{bmatrix} y(0) \\ \dot{y}(0) \\ \ddot{y}(0) \\ \vdots \\ y^{(n-1)}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1(0) \\ x_2(0) \\ x_3(0) \\ \vdots \\ x_n(0) \end{bmatrix} = Q \cdot x(0)$$

și dacă perechea  $(C, A)$  este observabilă, atunci se poate deduce unic

$$x(0) = Q^{-1} \begin{bmatrix} y(0) \\ \dot{y}(0) \\ \vdots \\ y^{(n-1)}(0) \end{bmatrix}$$

**conducere duală** (reglare duală), mod de conducere a sistemelor complexe cu informație apriorică incompletă, în cadrul cărora mărimea de comandă are dublu scop: pe de o parte efectuează analiza stării sistemului condus, iar pe de altă parte îl conduce în starea dorită. Procesele de analiză și comandă sînt concomitente, conducerea căpătînd un caracter dual, foarte complex.

**conducere după stare**, conducere a unui sistem liniar sau neliniar printr-o comandă obținută ca o combinație linară a mărimilor de stare ce caracterizează sistemul și care se consideră măsurabile. Dacă  $x$  este vectorul de stare al unui sistem liniar și  $u$  vectorul de comandă cu dimensiuni  $n$ , respectiv  $m$ , legea de reacție după stare este:

$$u(t) = Fx(t)$$



unde  $F$  este matricea de reacție de dimensiuni  $m \times n$ . Sinteza unui sistem cu conducere după stare rezidă în alegerea elementelor matricii de reacție  $F$  în ideea satisfacerii performanțelor dinamice impuse. Problema nu poate fi rezolvată în forma menționată, datorită faptului că, în general, stările nu sînt măsurabile. Soluția implementabilă se obține printr-o reacție liniară după stări estimate, obținute cu ajutorul unui dispozitiv de calcul numit *estimator de stare*. Acesta furnizează starea estimată  $\hat{x}$  ce îndeplinește condiția

$$\lim_{t \rightarrow \infty} [\hat{x}(t) - x(t)] = 0$$

legea de reacție fiind:

$$u(t) = F\hat{x}(t)$$

conducere ierarhizată, metodologie de conducere a sistemelor complexe constind din divizarea sarcinii de conducere în mai multe componente, distribuirea acestora spre execuție unor procesoare aflate pe un același nivel ierarhic (nivelul ierarhic inferior) și coordonarea execuției în ansamblu a sarcinii de către un procesor aflat la nivelul ierarhic superior (fig. C.16).

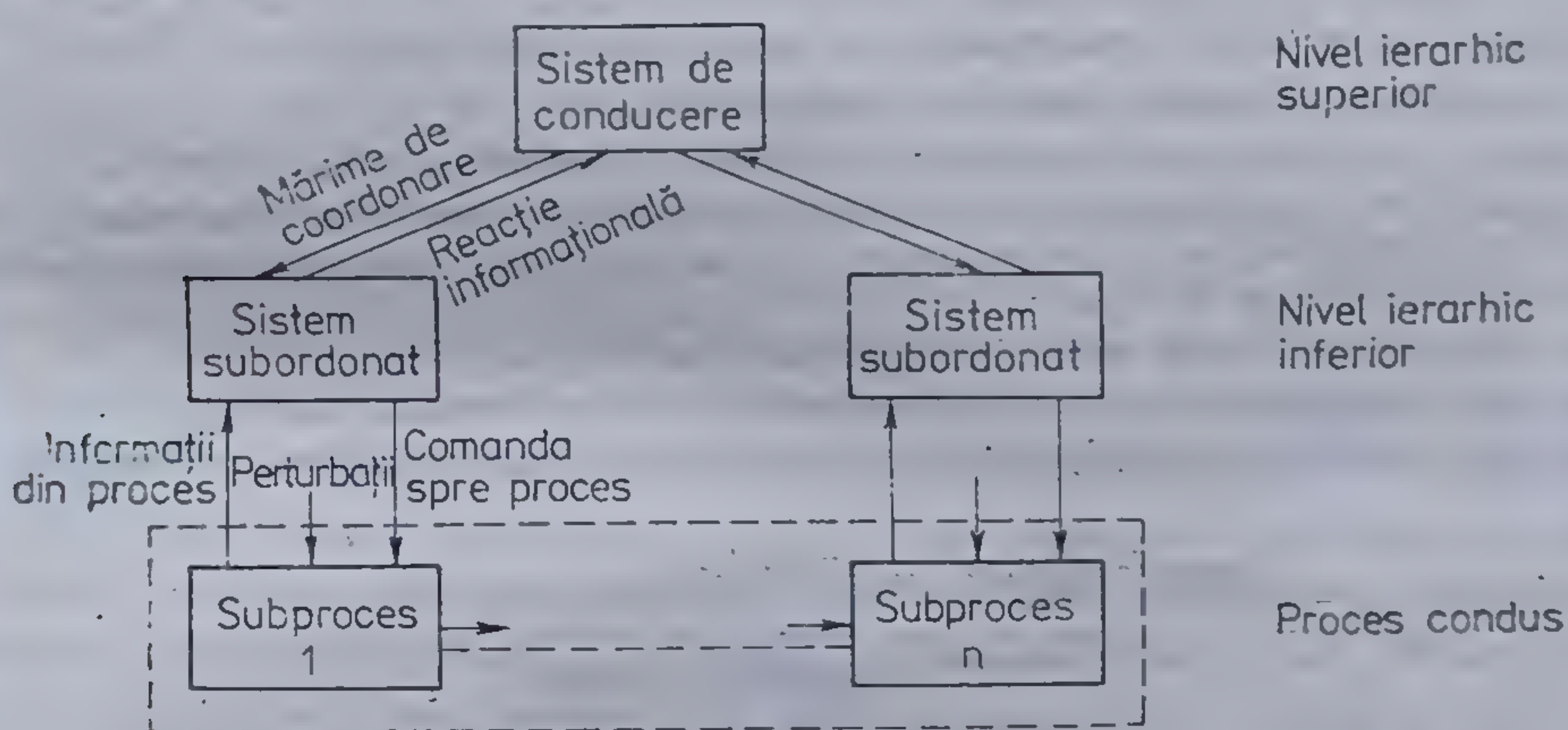


Fig. C.16. Structura unui sistem de conducere ierarhizat.

Divizarea sarcinii de conducere pleacă de la divizarea procesului condus în subprocese care se condiționează reciproc prin intermediul interacțiunilor. Fiecare subproces este condus de către un sistem subordonat care primește informații din proces și, apoi, într-o formă rafinată, le furnizează ca reacție informațională sistemului de conducere. Sistemul subordonat elaborează — pe baza informațiilor din proces și a mărimii primită de la sistemul de coordonare — comanda spre proces. Între sistemele subordonate plasate pe același nivel ierarhic nu există o comunicare directă. Comunicarea între sistemele subordonate se realizează prin intermediul sistemului coordonator. De regulă, problemele de conducere la nivelul subordonat sînt probleme de optimizare. În soluționarea lor pot apărea conflicte între sistemele subordonate. Sistemul de coordonare are rolul de a arbitra aceste conflicte, mărimile de coordonare elaborate de către el și destinate sistemelor subordonate ținînd seama de necesitățile problemei generale de optimizare, chiar dacă, la nivel local, nu se realizează un optim absolut. Dintre metodele c.l. se menționează *principiul predicției interacțiunilor* și *principiul estimării interacțiunilor*.



conducere în regim ghid operator, metodă de conducere care implică legarea sistemului de conducere la proces prin intermediul sistemului intrărilor. Deciziile luate de către sistemul de conducere nu sînt transmise direct procesului (sistemul ieșirilor analogice este absent sau neconectat), ci sînt furnizate operatorului prin intermediul consolei operatorului de proces. Este în întregime la latitudinea operatorului să implementeze sau nu aceste comenzi. De regulă c. în r. g. o. este doar o etapă intermediară în punerea în funcțiune a unui sistem de conducere, etapă în care se urmărește corectitudinea deciziilor elaborate de către sistemul de conducere în conformitate cu algoritmi cu care a fost prevăzut. Într-o etapă ulterioară comenzile sînt furnizate direct procesului prin intermediul sistemului ieșirilor analogice.

conducere numerică directă, metodă de conducere, numită încă *DDC* (de la *Direct Digital Control*), care presupune îndeplinirea de către sistemul de conducere a funcției de regulator. Din punctul de vedere istoric, numele a apărut în momentul în care funcțiile calculatoarelor de proces s-au extins de la fixarea mărimilor de referință pentru regulatoarele convenționale cu care era dotat procesul tehnologic condus, la preluarea funcțiilor acestora, regulatoarele urmînd a fi eliminate sau trecute în rezervă (→ sistem distribuit de conducere, calculator de proces). În prezent, noțiunea de c. n. d. începe să-și modifice sensul, pe de o parte datorită apariției sistemelor distribuite de conducere, pe de alta, ca urmare a perimării conceptului de calculator de proces.

conducere numerică directă a mașinilor unelte (*CND*), variantă de conducere în configurație ierarhizată în care mai multe mașini-unelte dotate cu echipamente de comandă numerică sînt conectate la un calculator care gestionează programele piesă, le corectează și le lansează în lucru pe baza unui dialog cu mașinile pe care le supraveghează. Principalele configurații de sisteme *CND* sînt: a) sistemul *CND* redus, configurație în care calculatorul preia un număr de funcții specifice comenzii numerice în vederea reducerii echipamentelor de comandă numerică convenționale: interpolarea brută, editarea, corectarea și

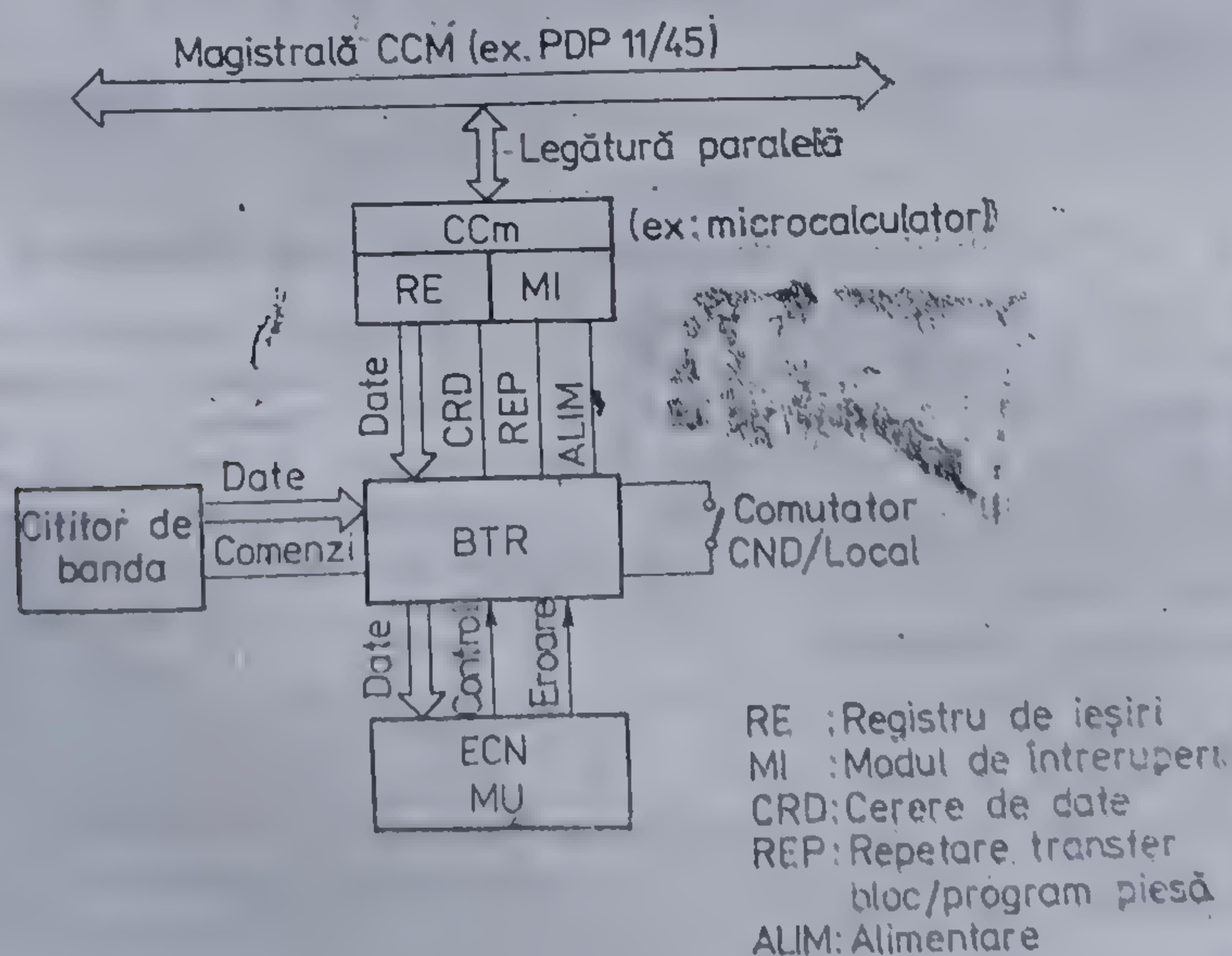


Fig. C.17. Sistem de comandă numerică directă a mașinilor unelte.



livrarea programelor piesă, cit și organizarea acestora într-o bibliotecă de programe; b) sistemul CND-BTR (Behind the Tape Reader), configurație în care datele pot fi introduse în echipamentele de comandă numerică fie de la calculator, fie de la un cititor de bandă portabil; astfel, căderea calculatorului nu atrage după sine întreruperea comenzii efective la mașinile unelte. În funcție de modul conectării la un calculator de capacitate mare (CCM) a calculatorului de capacitate mică (CCm) există sisteme CND-BTR paralel și serie (fig. C.17); c) sistemul CND ierarhic, sistem evoluat, bazat pe cuplarea unor configurații CND-BTR la un calculator supraordonat de capacitate mare, avînd drept scop supravegherea și conducerea fabricației relativ la o uzină sau la o linie complexă de producție.

**conducere on-line**, metodă de conducere caracterizată de conectarea la procesul condus (prin intermediul sistemului de interfață) a sistemului de conducere și de funcționarea în timp real a acestuia din urmă. În prezent, nu există sisteme de conducere off-line (în care calculatorul ce ajută la luarea de decizii nu este conectat la procesul condus, datele fiindu-i furnizate manual de către operator), deci nu se poate vorbi decît despre c. o — l. De altfel, actualele sisteme de conducere nu ar putea funcționa off-line fie numai și datorită absenței perifericelor clasice (lector de cartele, lector de bandă perforată) întîlnite la calculatoarele universale.

**consola operatorului de proces (cop)**, element component al unui sistem de conducere a proceselor care facilitează comunicația între operatorul tehnolog și procesul condus. Există o distincție netă între consola operatorului calculatorului (sau sistemului de conducere), care servește la supravegherea funcționării corecte a sistemului de conducere, și cop este astfel realizată încît să nu fie necesară cunoașterea în detaliu de către operatorul tehnolog a structurii intime a sistemului de conducere. În practică rezultatele obținute cu o cop sînt cu atît mai bune cu cît influența sistemului de conducere propriu-zis asupra comunicației între operator și proces este mai slabă. Cop pot fi universale sau specializate. De regulă, cop universale sînt realizate prin utilizarea de dispozitive dotate cu tastatură și afișare pe tub catodic (monocrom sau color). Cop specializate sînt dedicate unui anumit proces și deci proiectate pentru a satisface cerințele impuse de acesta. Indiferent de tip, cop efectuează funcțiile de introducere și de extragere de date. Introducerea de date se realizează prin acționarea unei tastaturi, fie universală (în care caz adresarea, adică indicarea numelui parametrului introdus se formează prin acționarea uneia sau a mai multor taste), fie specializată (în care caz tastele poartă numele parametrilor ce pot fi adresați în mod direct). Capătă o răspîndire din ce în ce mai largă sistemele combinate de introducere de date care permit adresarea directă pentru parametrii de interes major și adresarea prin tastatură universală pentru ceilalți parametri. Extragerea datelor se face prin intermediul unor dispozitive de afișare cu diode electroluminescente, cu tuburi cu descărcări în gaze sau cu tuburi catodice (ordinea de enumerare corespunde ordinii de creștere a cantității de informație afișată). Cop ridică o serie de probleme, dificil de soluționat ca urmare a multitudinii de decizii ce trebuie luate privind gradul de specializare, viteza de lucru, complexitatea funcțională etc.



constantă de timp, coeficientul termenilor în  $s$  care apar în expresiile factorizate ale funcțiilor de transfer

$$H(s) = K \frac{\prod_{i=1}^{m_1} (1 + T_i s) \prod_{j=1}^{m_2} (1 + 2\zeta_j T_j s + T_j^2 s^2)}{s^x \prod_{k=1}^{n_1} (1 + T_k s) \prod_{l=1}^{n_2} (1 + 2\zeta_l T_l s + T_l^2 s^2)} = \frac{R(s)}{P(s)}$$

Se vede că produsele  $T_r s$  ( $r = i, j, k, l$ ) sînt adimensionale, deci

$$[T_r] = \frac{1}{[s]} = \text{secundă}$$

ceea ce îndreptățește denumirea de c. de t. dată constantelor  $T_r$ .

constituent al unității  $\rightarrow$  formă canonică disjunctivă

constituent al zeroului  $\rightarrow$  formă canonică conjunctivă

constructibilitate, proprietate fundamentală anticauzală a unui sistem ce definește posibilitatea de determinare a stării, pe baza informației furnizată de ieșirea sistemului. O stare  $x$  este  $\tau$ -neconstructibilă dacă

$$C(s) \Phi(s, \tau) x = 0, \forall s \leq \tau$$

Condiția necesară și suficientă ca starea  $x$  să fie  $\tau$ -neconstructibilă este

$$x \in \text{Ker } \bar{Q}(s, \tau)$$

unde

$$\bar{Q}(s, \tau) = \int_s^\tau \Phi^T(\sigma, \tau) C^T(\sigma) C(\sigma) \Phi(\sigma, \tau) d\sigma, s \leq \tau$$

se numește matricea de c. Un sistem linear de variant este constructibil dacă nici o stare nu este  $\tau$ -neconstructibilă, adică  $\text{Ker } \bar{Q} = \{0\}$ . La sistemele liniare și invariante proprietatea de c. este identică cu proprietatea de observabilitate.

**contactor**, dispozitiv de reglare electric discret, al cărui element de acționare este de tip electromagnet și care realizează deschiderea sau închiderea unui circuit electric, la comenzi realizate prin contactul unui buton sau al unui

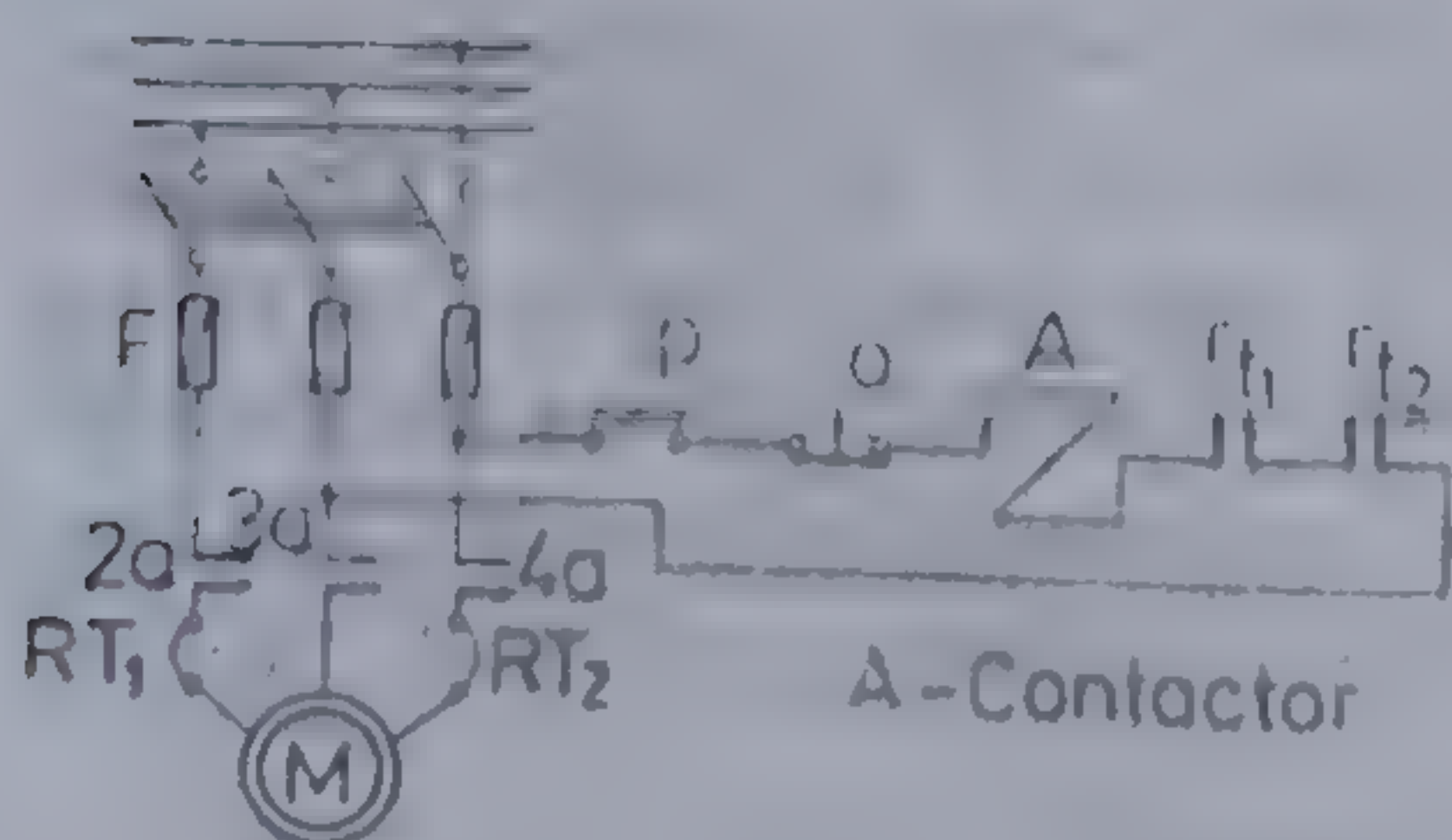


Fig. C.18. Utilizarea contactorului într-o schemă electrică.



releu. C. se acționează prin comandă locală sau de la distanță. C. au capacitate de rupere importantă și prezintă o rezistență mecanică la uzură; permit un număr mare de manevre cu o frecvență de conectare ridicată. Acționarea c. se face la tensiuni cuprinse între 24 și 500 V curent alternativ 50 Hz și între 24 și 220 V curent continuu; c. sunt prevăzute cu contacte auxiliare normal închise și normal deschise (fi. C. 18).

control, ansamblu de operații destinat garantării înscrierii performanțelor unui produs (aparat, instalație, dispozitiv etc.) în limitele de toleranță admise. Operațiile de c. pot fi: *de tip*, când se efectuează la asimilarea produsului sau în cursul fabricației, când intervin schimbări ce pot afecta condițiile de funcționare, sau *de lot*, efectuate asupra produselor finite. Din alt punct de vedere, c. este *pasiv*, dacă se face numai la încheierea producției, sau *activ*, dacă se face în timpul desfășurării procesului de producție. Cele mai perfecționate forme de c. sunt cele de c. *activ*, prin  $\rightarrow$  metode statistice, ce se bazează pe testarea unor eșantioane și prelucrarea off-line a datelor în vederea obținerii de concluzii referitoare la procesul global, și de c. *activ automat*, care permit organizarea procesului de control în timp real, pe baza unor criterii de verificare și testare programabile. Cele mai moderne instalații de c. automat sunt realizate în structuri de tip microprocesor, având mari facilități în programarea criteriilor de testare și în efectuarea calculelor de evaluare a performanțelor.

controlabilitate, proprietate anticauzală fundamentală a unui sistem, ce descrie posibilitățile de tranziție a unei faze  $(x, \tau)$  în faza  $(0, t)$  sub acțiunea mărimii de comandă  $u(t)$ . O stare  $x$  este  $\tau$ -controlabilă dacă există  $t > \tau$  și o funcție de comandă  $\omega: [\tau, t] \rightarrow u$ , astfel ca:

$$\Phi(x, \tau) \rightarrow (0, t)$$

Dacă orice stare  $x \in X$  este  $\tau$ -controlabilă, atunci se zice că sistemul este controlabil; condiția ca un sistem liniar variant să fie controlabil este ca matricea de c.

$$R(\tau, t) = \int_{\tau}^t \Phi(\tau, \sigma) B(\sigma) B^T(\sigma) \Phi^T(\tau, \sigma) d\sigma$$

să fie pozitiv definită. În cazul sistemelor invariante, condiția de c. se formulează mai simplu, fiind identică cu condiția de accesibilitate: un sistem liniar și invariant este controlabil dacă și numai dacă

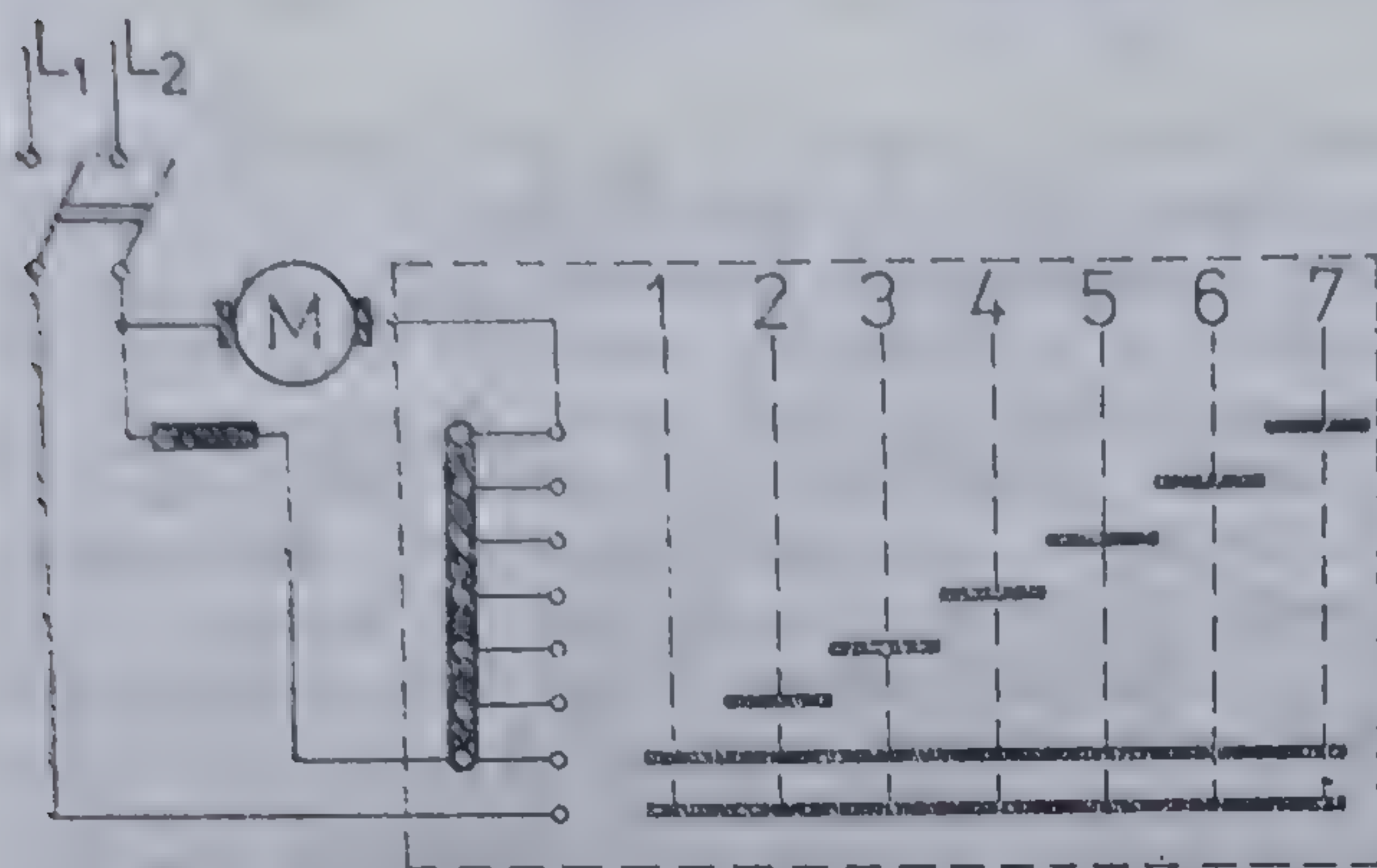
$$R = \text{Im}[B \ AB \ A^2B \ \dots \ A^{n-1}B] = \text{Im } R = \mathbb{R}^n$$

adică rang  $R = n = \dim X$ . C. definește posibilitatea rezolvării problemei de alocare prin reacție după stare ( $u = Fx$ ), deci de fapt definește posibilitatea de conducere a unui sistem prin reacție după stare.

controler, comutator cu acțiune multiplă, destinat să realizeze o succesiune de modificări a conexiunilor unor circuite de reglare sau de pornire a motoarelor (fig. C.19). În poziția 1 a reostatului de pornire de tip c., motorul este conectat la rețea cu toată rezistența în serie, iar în pozițiile de la 2 la 7 treptele de rezistență sunt scurtcircuitate în mod progresiv. C. pentru circuitele principale



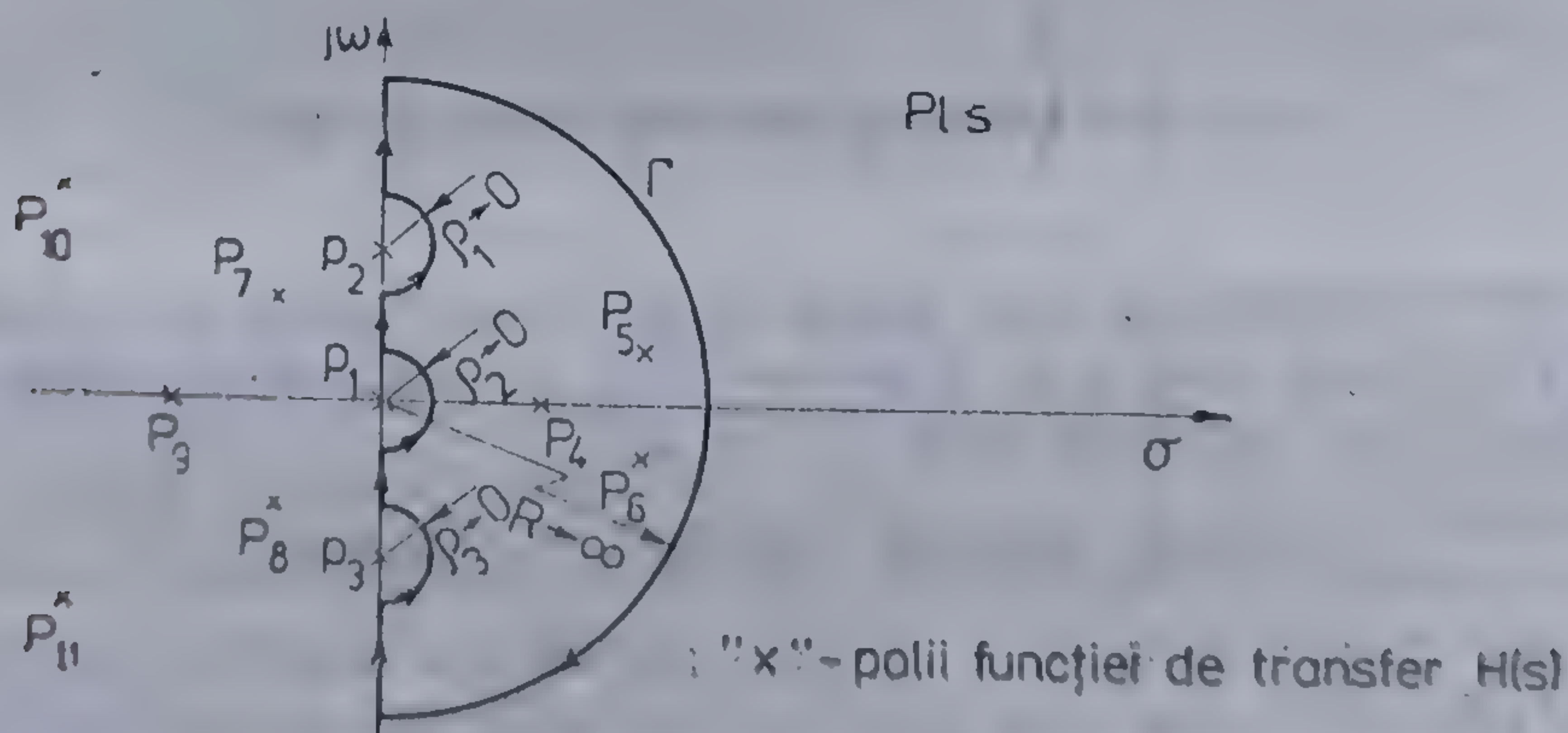
racordate la cutii cu rezistențe se folosesc pentru pornirea și reglarea vitezei motoarelor electrice, pentru curenți până la 100 A. Se deosebesc două tipuri: c. cu tambur și c. cu came. C. pentru circuite secundare se folosesc pentru comutarea unor puteri mari, cu aparate de gabarit redus.



**Fig. C.19. Utilizarea unui controler la pornirea motoarelor.**

conturare (pe mașini-unelte), mod de lucru al mașinii-unelte în care există o legătură funcțională între deplasările organelor mobile care asigură traiectoria punctului (liniei) de interacțiune dintre scula așchietoare și piesă pe două sau mai multe axe ale mașinii-unelte. Un echipament pentru comanda de c. controlează atât traiectoria, cât și viteza de deplasare pe această traiectorie, iar scula poate așchia în timpul deplasării.

contur Nyquist, curba închisă din planul variabilei complexe  $s = \sigma + j\omega$  care transformată prin  $H(s)$ , generează caracteristicile de frecvență ale acestei funcții. C.N. se alege astfel încît să cuprindă tot semiplanul drept al variabilei  $s$  și să lase în afara conturului polii funcției de transfer  $H(s)$ , aflați pe axa ima-



**Fig. C.20: Contour Nyquist.**

ginară (fig. C.20). Cum majoritatea punctelor c.N. se află pe axa imaginară, unde  $s = j\omega$  și deci  $H(s)|_{s=j\omega} = H(j\omega)$ ,  $\omega$  avînd semnificația pulsației unui semnal armonic aplicat la intrarea sistemului descris de funcția de transfer  $H(s)$ , se justifică denumirea de „caracteristici de frecvență” dată transformărilor acestui contur prin  $H(s)$ .



convertizor de frecvență, sursă de curent alternativ la care amplitudinea și frecvența tensiunii de alimentare sînt reglabile după o lege de comandă, utilizată în mod frecvent pentru reglarea vitezei motoarelor asincrone prin modificarea frecvenței tensiunii de alimentare. Gama cea mai largă de reglare a vitezei se obține în cazul menținerii constante a fluxului magnetic, atunci cînd se face o reglare de viteză în domeniul subsincron, și prin menținerea con

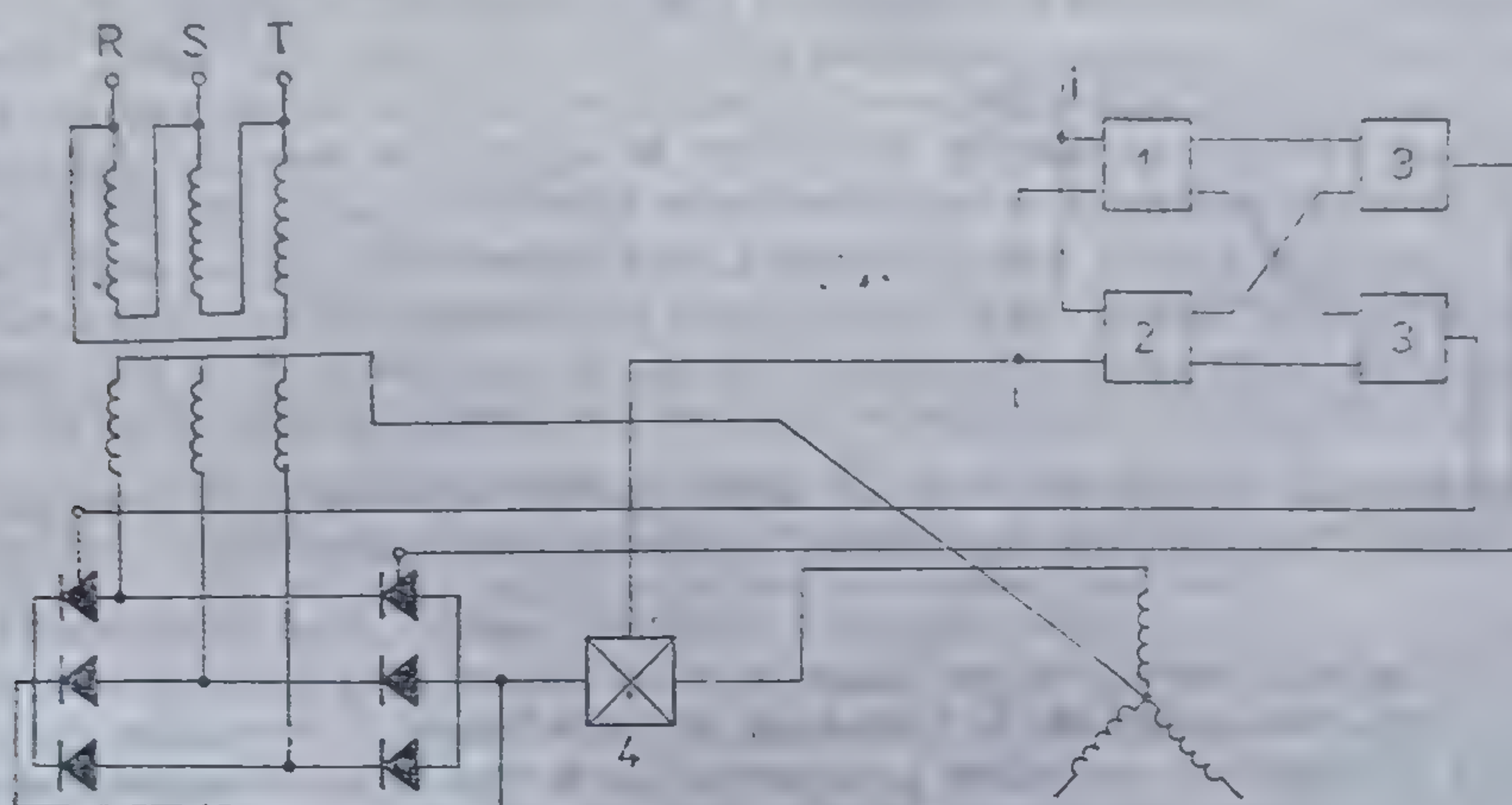


Fig. C.21. Schema electrică a unui convertizor de frecvență static direct  
1 — reglator de curent; 2 — comutator static pentru cele două sensuri de rotație; 3 — amplificator de impuls; 4 — traductor de curent continuu.

stantă a tensiunii în domeniul suprasincron. În practică se utilizează două tipuri de c. de f.: *rotative sincrone sau asincrone* și *statice*. C. de f. static (fără piese în mișcare) este construit cu circuite redresoare necomandabile și comandabile, de putere. C. de f. statice sînt de mai multe tipuri: a) *static direct*, la care tensiunea alternativă de o anumită frecvență este transformată direct în tensiune alternativă de altă frecvență. În fig. C. 21 este reprezentat un c. de f. static direct pentru o singură fază a motorului reglat; b) *static indirect* (cu circuit intermediar de curent continuu), format dintr-un redresor ce transformă curentul alternativ în curent continuu și dintr-un invertor ce transformă acest curent din nou în curent alternativ de înaltă frecvență. C. de f. statice indirecte sînt de două tipuri: cu circuit intermediar de tensiune variabilă și cu circuit intermediar de tensiune constantă.

convertor analog-numeric, element utilizat la conversia semnalelor din formă analogică în formă numerică, în vederea prelucrării ulterioare prin mijloace numerice. Semnalele analogice de intrare ale c.a.-n. sînt, în mod obișnuit, tensiuni continue în gama  $0 \dots 10$  V sau  $-10 \dots +10$  V. Semnalele de ieșire din c.a.-n. sînt cuvinte cu numărul de biți variînd între 8 și 20. În conducerea proceselor industriale acest număr este, de regulă, de 10 sau 12 biți. C.a.-n. cele mai frecvent utilizate funcționează pe principiul compensării automate. Tensiunii de intrare i se asociază o valoare numerică, care este apoi reconvertită în formă analogică. Valoarea numerică se ajustează automat, astfel încît să compenseze eroarea dintre tensiunea de intrare în c.a.-n. și corespondentul analogic al valorii numerice de la ieșire. Modul de generare a valorii numerice determină tipurile de c.a.-n.: cu comparare multiplă, cu aproximări succesive, cu integrare cu pantă simplă, cu integrare cu pantă dublă. Principalele performanțe ale c.a.-n. sînt: liniaritatea, precizia, rezoluția, viteza de lucru (timpul de conversie, frecvența de conversie), gama tensiunii de intrare.



**convertor numeric-analogic.** element utilizat la conversia semnalelor din formă numerică, emise de regulă de un sistem de calcul, în formă analogică. Semnalele numerice de intrare sînt cuvinte cu lungimi între 8 și 16 biți. În conducerea proceselor industriale acest număr este cuprins între 8 și 12 biți. Semnalele analogice la ieșirea c.n.-a. sînt fie tensiuni continue (în gama 0...10 V sau -10...+10 V), fie curenți continui (de ordinul miliamperilor). C.n.-a. funcționează pe principiul superpoziției efectelor: curentul printr-o rezistență de sarcină este dat de suma curenților ce străbat o rețea de rezistențe, conectată la cea de sarcină. La rîndul lor acești curenți sînt determinați de valorile binare 1 sau 0 ale cifrelor cuvintului de intrare în convertor, precum și de rangul acestor cifre. Rezistențele corespunzătoare cifrelor binare sînt introduse în circuit, cînd cifra binară asociată este 1, sau deconectate de la acesta în caz contrar, prin intermediul unor comutatoare electronice. Cele mai obișnuite tipuri de rețele sînt: cu rezistențe ponderate, cu rezistențe  $R - 2R$ . Comutatoarele se realizează cu tranzistoare bipolare sau tranzistoare cu efect de câmp.

**coordonator,** denumire dată în unele cazuri sistemului de coordonare, aflat la nivelul ierarhic superior al unui sistem de conducere.

**corecție.** 1. (în comanda program a mașinilor-unelte), mod de comandă prin care se poate modifica un regim programat de funcționare a mașinii-unelte. C. se poate executa manual (de la tastatura de introducere a corecțiilor înglobată în panoul general) sau automat, prin program; 2. (în sistemele de reglare automată), operație prin care se realizează modificarea caracteristicilor dinamice ale unui sistem de reglare automată în ideea satisfacerii unor performanțe dinamice și staționare aprioric impuse. Modificarea performanțelor dinamice este realizată fie prin modificarea unor parametri ce caracterizează structura dată (coeficienți de amplificare, constante de timp), fie prin modificări de structură aduse sistemului. În funcție de locul ocupat de elementul corector în cadrul sistemului de reglare, rezultă: c. *serie*, la care elementul corector este cuplat serie pe calea directă, și c. *paralel*. În cazul în care elementul corector este fixat pe reacția inversă globală (utilizarea unei reacții elastice) sau paralel cu unul din elementele sistemului de reglare. De asemenea, se întîlnesc c. combinate prin utilizarea simultană a celor serie și paralel. Prin c. serie se introduc suplimentar semnale proporționale cu derivata erorii sau (și) cu integrala erorii. Utilizarea unor componente derivative, în general micșorează timpul de reglare, dar mărește banda de trecere, influențînd negativ comportarea sistemului în prezența unor semnale perturbatoare de natură aleatoare. Componenta integrală ameliorează comportarea în regim staționar, dar înrăutățește condiția de stabilitate, sporînd implicit suprareglajul. Utilizarea corectoarelor paralel, prin reacții rigide, conduce la ameliorarea timpului de răspuns, iar prin reacții elastice la ameliorarea suprareglajului. Structura și parametrii dispozitivelor de c. se obțin, în general, prin sinteza pe locul geometric al rădăcinilor sau pe caracteristici de frecvență. C. sistemelor poate fi asigurată în situații speciale prin utilizarea unor corectoare externe buclei de reglare care să realizeze prelucrări ale unor semnale perturbatoare sau de mărime prescrisă, asigurînd reacții corespunzătoare (reacții de confundare).

**corecție de sculă,** deplasare a originii sistemului de măsurare cu o mărime și un sens determinate, față de o traiectorie programată, cu scopul de a compensa uzura sau modificarea unei dimensiuni a sculei (de ex., provenite din reascuțire), sau pentru a permite degroșarea și finisarea succesivă a unei piese. C. de s. asigură o deplasare reală a centrului sculei pe o traiectorie paralelă cu cea programată, la o distanță care în modul este egală cu valoarea programată a unui vector de corecție. Semnele coordonatelor vectorului de corecție sînt



impuse de poziția profilului programat (cadrantul în care se află punctul final) și de poziția sculei în timpul prelucrării (la dreapta sau la stânga piesei). C. de s. cele mai întâlnite sînt de rază (diametru) și de lungime.

corelator, aparat care permite calculul → funcțiilor de autocorelație sau de inter corelație. Schema funcțională a unui c. este reprezentată în fig. C. 22. Prin aplicarea la ambele intrări a aceluiași semnal  $x(t)$  rezultă funcția de auto corelație  $R_{xx}(\tau)$ . După caracterul semnalelor și dispozitivelor cu care se

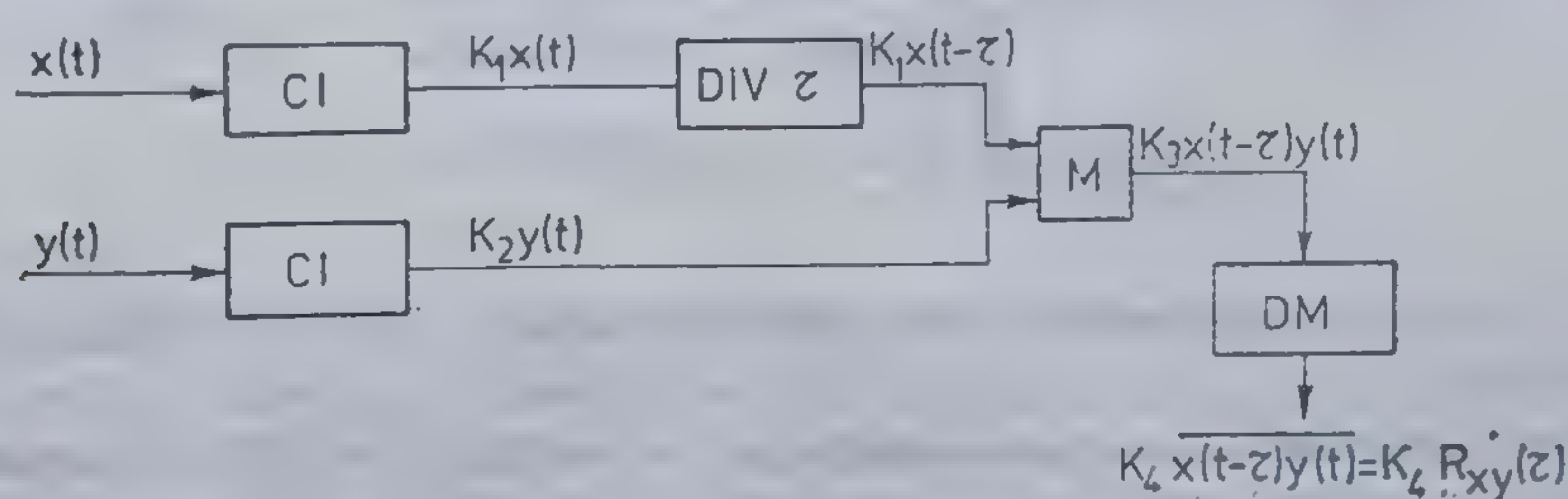


Fig. C.22. Schema funcțională a unui corelator:

CI — circuit de adaptare a intrărilor; DIV — dispozitiv de întârziere variabilă; M — multiplicator; DM — dispozitiv de mediere (integrator).

efectuează operațiile de calcul, c. se împart în *analogice* sau *numerice*. C. moderne se realizează utilizând tehnica numerică de calcul și sînt prevăzute cu memorii și dispozitive de comandă care permit obținerea, memorarea și afișarea automată a tuturor valorilor  $R_{xx}(\tau)$  sau  $R_{xy}(\tau)$  pentru  $\tau \in [0, T]$ . În automatizări, c. își găsesc aplicații la identificarea proceselor, la filtrarea perturbațiilor, în sisteme optime și autoadaptive cu semnale de test, la măsurarea anumitor parametri ce pot fi exprimați prin intermediul unor timpi de propagare.

criterii de calitate ale sistemelor automate, totalitatea indicilor cantitativi capabili de a permite estimarea bunei funcționări a unui sistem de reglare automată. Criteriile pot fi separate în două mari grupe: *criterii integrale* (cele mai utilizate, avînd un caracter de universalitate), a căror valoare este folosită ca măsură a calității sistemului automat considerat; *criterii locale*, caracterizînd punctual performanțe ale sistemului automat în raport de structura și parametrii săi. Dintre criteriile locale, cele cu largă utilizare sînt: valoarea de suprareglaj, timpul de creștere, timpul de întârziere, timpul tranzitoriu, pulsația de bandă. Dintre criteriile integrale, cel mai des utilizat este criteriul integral generalizat

$$I = \int_0^{t_f} f(x) dt$$

în care  $f(x)$  reprezintă o funcție specificată, dependentă de variabile ce caracterizează dinamic sistemul dat, iar  $t_f$  este timpul de transfer din  $x_0$  în  $x(t_f)$  dați. În funcție de tipul ales pentru funcția  $f(x)$  se disting următoarele criterii:

$$1) f(x) = 1 \quad (I = \int_0^{t_f} dt \text{ — reprezentînd timpul tranzitoriu});$$



2)  $f(\varepsilon) = \varepsilon(t)$  sau  $f(\varepsilon) = |\varepsilon(t)|$  — criteriul asociat integralei erorii sau integralei modulului erorii;

3)  $f(\varepsilon) = \varepsilon^2(t)$  — criteriul integral pătratic după eroare.

În cazul în care asupra sistemului acționează perturbații aleatoare, criteriile menționate nu mai sînt eficiente și se introduc criterii de calitate diferite, care țin cont de variația aleatoare a mărimilor de ieșire sau de eroare. Unul din indicii cantitativi utilizați îl reprezintă eroarea medie pătratică

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} (\varepsilon - m_\varepsilon)^2 p(\varepsilon) d\varepsilon}$$

unde  $m_\varepsilon$  este valoarea medie a variabilei aleatoare  $\varepsilon$ , iar  $p(\varepsilon)$  densitatea de probabilitate.

criterii de stabilitate, metode practice de analiză a stabilității sistemelor automate, permițînd eventual și evaluarea influenței pe care o au diverși parametri ai sistemului asupra stabilității acestuia. C. de s. sînt specifice diverselor clase de sisteme (liniare continui, liniare discrete, neliniare) și, de asemenea, se diferențiază prin modul în care se aplică; c. de s. *analitice* (c. de s. *Routh*, c. de s. *Hurwitz*, c. de s. *Schur-Cohn*, c. de s. *Routh-Hurwitz*, c. de s. *Loeb*), respectiv c. de s. *de frecvență* (*grafo-analitice* — c. de s. *Nyquist*, c. de s. *Nyquist cu punct mișcător*, c. de s. *Bode*, c. de s. *Leonhard-Mihailov*).

criteriul de stabilitate Bode, procedează bazat pe transpunerea → criteriului de stabilitate Nyquist restrîns la caracteristicile logaritmice de frecvență ale funcției de transfer  $H(s)$  a căii directe; ca urmare acest criteriu este aplicabil numai siste-

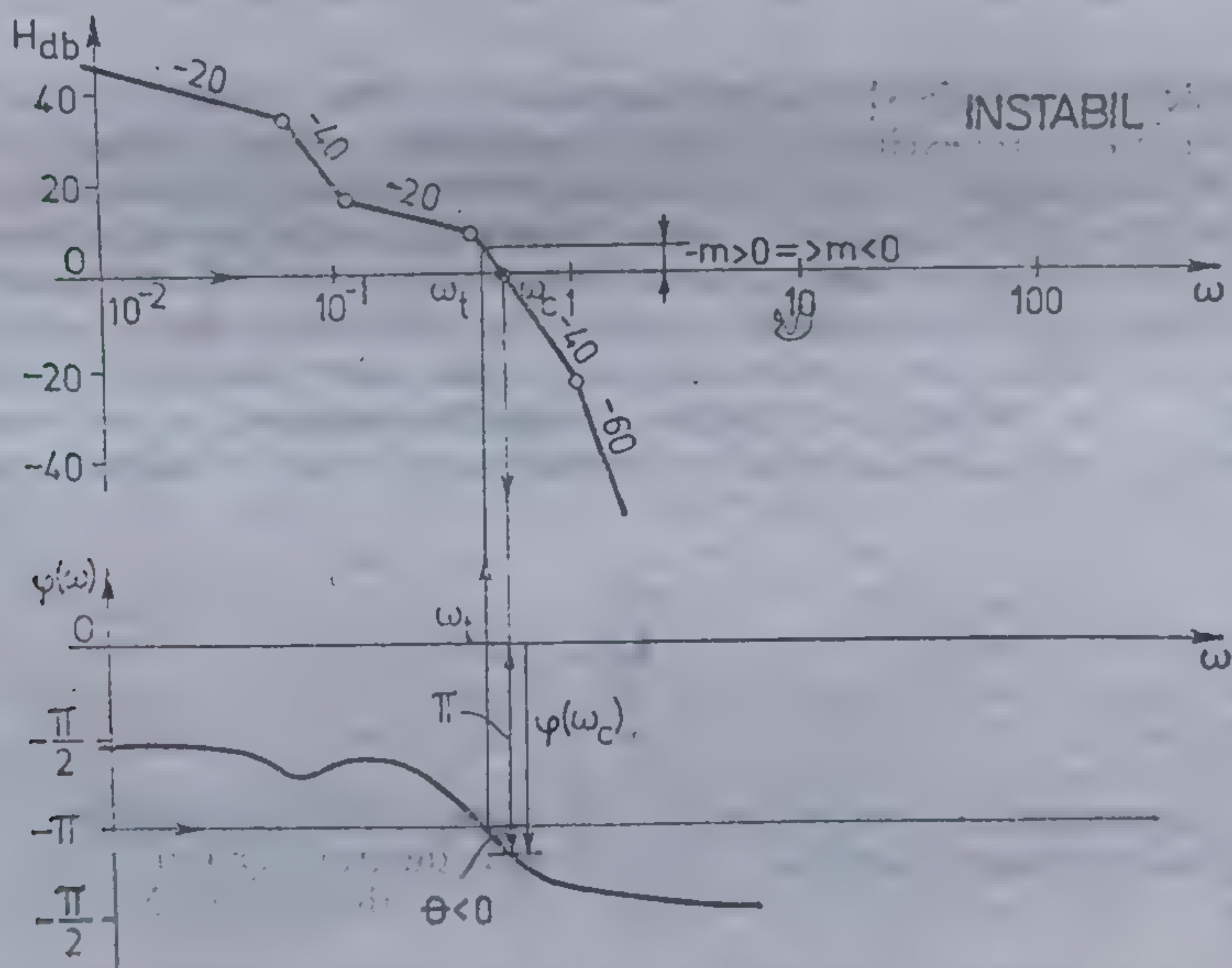


Fig. C.23. Exemplificarea grafică a criteriului de stabilitate Bode.

melor automate liniare avînd pe calea directă o funcție de transfer  $H(s)$  stabilă (fără poli în interiorul → conturul Nyquist). Un sistem automat liniar este



strict stabil dacă  $\rightarrow$  marginea de fază  $\theta$  și  $\rightarrow$  marginea de amplitudine  $m$  sînt pozitive. Dacă  $\theta = 0$ , sistemul este la limita de stabilitate, iar dacă  $\theta$  sau  $m$  sînt negative sistemul automat liniar este instabil. Dacă  $H(s)$  este de  $\rightarrow$  fază minimă este suficient să se verifice condiția de stabilitate numai pe  $\theta$  sau pe  $m$ . C. de s. B. este prin excelență un criteriu grafic, adică nu este necesară rezolvarea analitică a ecuațiilor

$$|H(j\omega)| = 1 \quad (|H(j\omega)|_{dB} = 0) \Rightarrow \omega_c \rightarrow \theta = \pi + \varphi(\omega)$$

$$\varphi(\omega) = -\pi \Rightarrow \omega_t \Rightarrow m = 20 \lg \frac{1}{|H(j\omega_t)|}$$

determinarea mărimilor  $\theta$  și  $m$  făcîndu-se grafic ca în fig. C. 23.

criteriul de stabilitate Hurwitz, metodă algebrică de analiză a stabilității sistemelor automate liniare; dacă  $\rightarrow$  ecuația caracteristică a sistemului automat este

$$X(s) = a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + a_{n-2} s^{n-2} + \dots + a_2 s^2 + a_1 s + a_0 = 0:$$

$$a_n > 0$$

se formează matricea Hurwitz,  $H$ , a coeficienților, în care se evidențiază minoi Hurwitz  $H_i$ :  $i = \overline{1, n}$

$$H = \begin{array}{c} \begin{array}{ccccccc} & H_1 & H_2 & H_3 & & H_{n-2} & H_{n-1} & H_n \\ \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|} \hline a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \hline a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \hline 0 & a_{n-1} & a_{n-3} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \hline \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \hline 0 & 0 & 0 & \dots & a_2 & a_0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & \dots & a_3 & a_1 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & \dots & a_4 & a_2 & a_0 \\ \hline \end{array} \end{array} \end{array}$$

cu care c. de s. H. se enunță astfel:

a) un sistem automat liniar este strict stabil dacă

$$\det H_i > 0, \quad i = \overline{1, n}$$

b) un sistem automat liniar este la limită de stabilitate dacă există  $H_k$  cu

$$\det H_k = 0$$

și

$$\det H_i > 0, \quad \forall i \neq k$$



c) un sistem automat liniar este instabil dacă există cel puțin un minor  $H_j$  cu

$$\det H_j < 0$$

C. de s. II. este ușor de aplicat, dar nu permite compararea sistemelor automate stabile între ele, din punctul de vedere al gradului de stabilitate.

criteriul de stabilitate Leonhard-Mihailov, procedeu de analiză a stabilității unui sistem automat liniar pe baza hodografului polinomului caracteristic  $X(s)$ : acest hodograf se obține făcând  $s = j\omega$ ,  $\omega \geq 0$  când

$$X(s)|_{s=j\omega} = \bar{X}(j\omega) = M_0(\omega) + jN_0(\omega)$$

și trasarea se face, practic, prin intersecția cu axele. În cazul în care  $a_0 = X(0) > 0$  și  $n = \partial[X(s)]$ , c. de s. L-M. se enunță astfel: a) sistemul automat liniar este strict stabil dacă hodograful polinomului caracteristic parcurge în sens trigonometric  $n$  cadrane; b) sistemul automat liniar este la limită de stabilitate dacă există  $\omega_x > 0$  astfel încât  $X(j, \omega_x) = 0 + j0$ ; c) sistemul automat liniar este instabil dacă nu se îndeplinesc condițiile a) sau b). În fig. C. 24 se reprezintă poziția hodografului pentru  $n = 3$ , corespunzând condițiilor a, b, c.

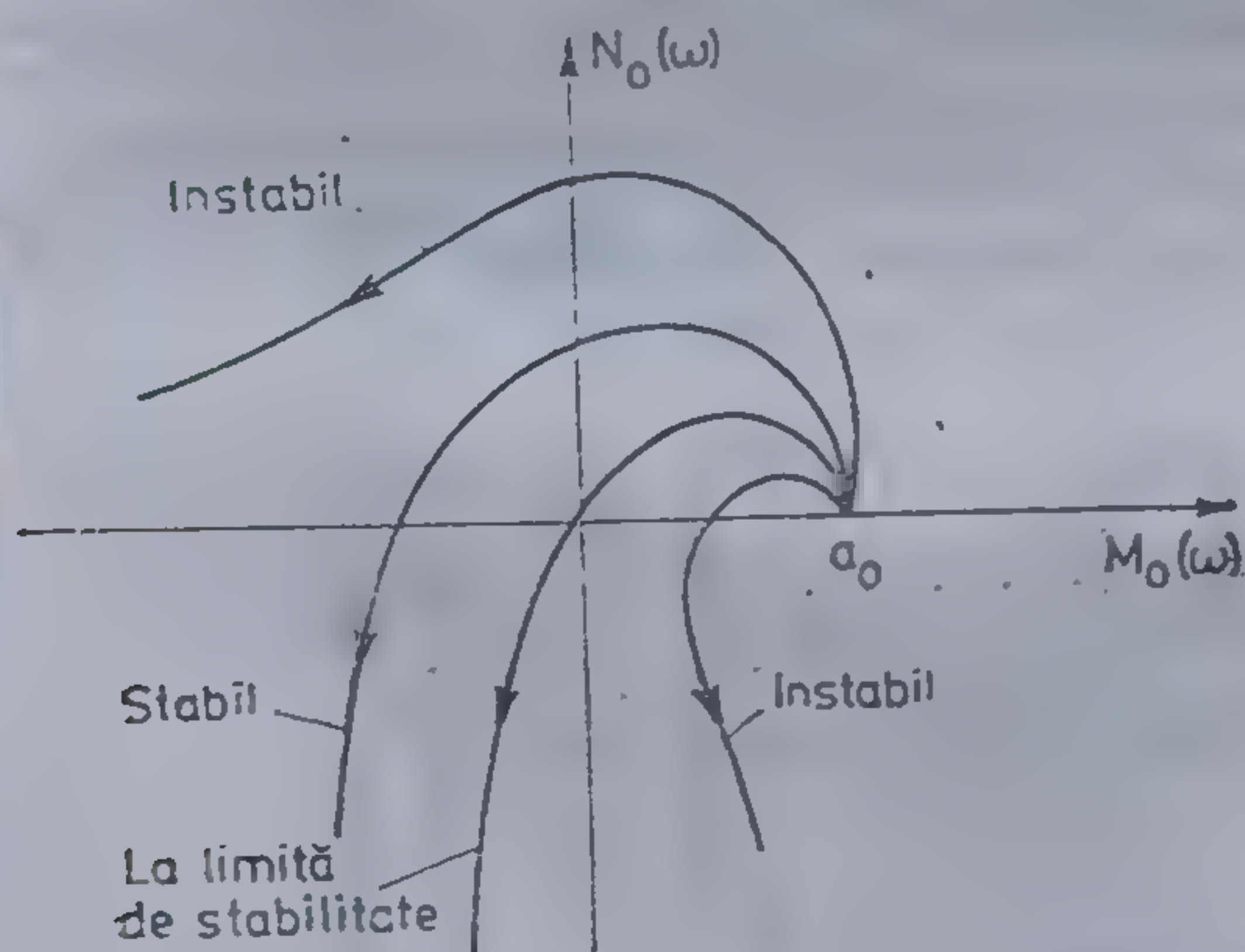


Fig. C.24. Exemplificarea grafică a criteriului de stabilitate Leonhard-Mihailov.

criteriul de stabilitate Loeb, metodă de apreciere a stabilității oscilațiilor sistemelor automate neliniare, avînd structura din fig. C.26, pe cale analitică. Notînd

$$H(j\omega) = M(\omega) + jN(\omega)$$

$$\frac{1}{N(\epsilon)} = P(\epsilon) + jQ(\epsilon)$$

condiția necesară de existență a oscilațiilor este ca sistemul

$$\begin{cases} M(\omega) = P(\epsilon) \\ N(\omega) = Q(\epsilon) \end{cases}$$



să aibă cel puțin o soluție  $(\omega, \varepsilon)$  care reprezintă un punct critic notat  $A(\omega_A, \varepsilon_A)$ . C. de s. L. afirmă că punctul  $A(\omega_A, \varepsilon_A)$  este un punct de instabilitate stabilă, dacă și numai dacă,

$$\left[ \frac{\partial M(\omega)}{\partial \omega} \cdot \frac{\partial Q(\varepsilon)}{\partial \varepsilon} - \frac{\partial N(\omega)}{\partial \omega} \cdot \frac{\partial P(\varepsilon)}{\partial \varepsilon} \right]_{A(\omega_A, \varepsilon_A)} > 0$$

și de instabilitate instabilă dacă membrul stâng este mai mic decât zero.

**criteriul de stabilitate Nyquist**, modalitate de apreciere a stabilității sistemelor automate liniare, pe baza  $\rightarrow$  caracteristicii modul-fază (hodograf) a funcției de transfer  $H(s)$  de pe calea directă a sistemului automat, după cum urmează: a) un sistem automat liniar este strict stabil dacă hodograful funcției de transfer  $H(s)$  înconjoară punctul critic  $(-1, j0)$ , în sens antiorar, de un număr de ori egal cu numărul de poli pe care  $H(s)$  îi are în semiplanul drept (în interiorul  $\rightarrow$  conturului Nyquist); b) un sistem automat liniar este la limită de stabilitate (funcționează cu oscilații de amplitudine constantă) dacă hodograful funcției de transfer  $H(s)$  trece prin punctul critic  $(-1, j0)$ ; cazurile a) și b) corespund unui sistem automat stabil; c) un sistem automat liniar este instabil dacă hodograful funcției de transfer  $H(s)$  nu îndeplinește condiția a) sau b). În cazul în care  $H(s)$  nu are poli în semiplanul drept, c. de s. N. se numește *restrins* și formularea lui se deduce imediat prin particularizare din c. de s. N. *generalizat* enunțat anterior: pentru ca sistemul automat să fie strict stabil, hodograful funcției de transfer  $H(s)$  nu trebuie să înconjoare punctul critic  $(-1, j0)$ , (fig. C. 25). C. de s. N., ca de altfel toate criteriile de frecvență, permite aprecierea gradului de stabilitate a sistemului automat liniar: în primă aproximație acesta este definit de mărimile  $\rightarrow$  **margine de fază** ( $\theta$ ) și/ sau  $\rightarrow$  **margine de amplitudine** ( $m$ ) ce caracterizează poziția hodografului față de punctul critic  $(-1, j0)$ . Se vede că pentru ca sistemul automat liniar să fie stabil trebuie ca  $\theta > 0$ ,  $m > 0$ , mărimea lor caracterizând gradul de stabilitate al acestuia. Caracterizarea exactă a gradului de stabilitate se poate face însă numai pe baza  $\rightarrow$  **diagramelor Black**.

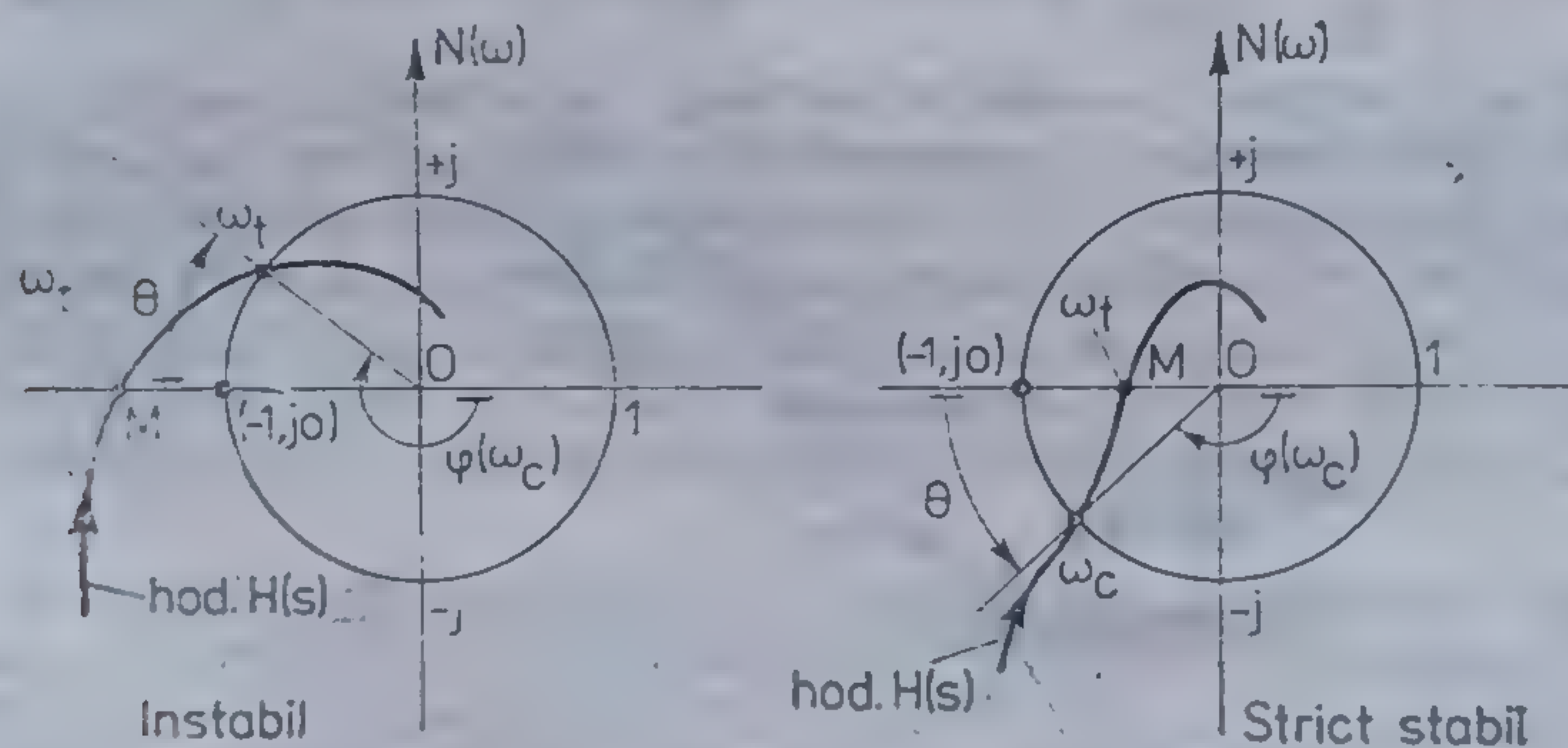


Fig. C.25. Exemplificarea grafică a criteriului de stabilitate Nyquist.

**criteriul de stabilitate Nyquist cu punct mișcător**, reprezintă extinderea criteriului de stabilitate Nyquist la analiza stabilității oscilațiilor dintr-un sistem automat neliniar avînd structura din fig. C.26, sau care poate fi redus la această structură. Se presupune deci, a priori că „partea neliniară și cea liniară sînt separabile” (fig. C.26, a) pentru care în fig. C.26, b se reprezintă schema func-



țională echivalentă fiind  $y_{ref} \equiv 0$ . Admițind că sistemul automat funcționează cu oscilații întreținute, partea nelineară se caracterizează în acest regim prin  $\rightarrow$  funcția de descriere

$$\underline{N}(\varepsilon, \omega) = N_R(\varepsilon, \omega) + jN_I(\varepsilon, \omega)$$

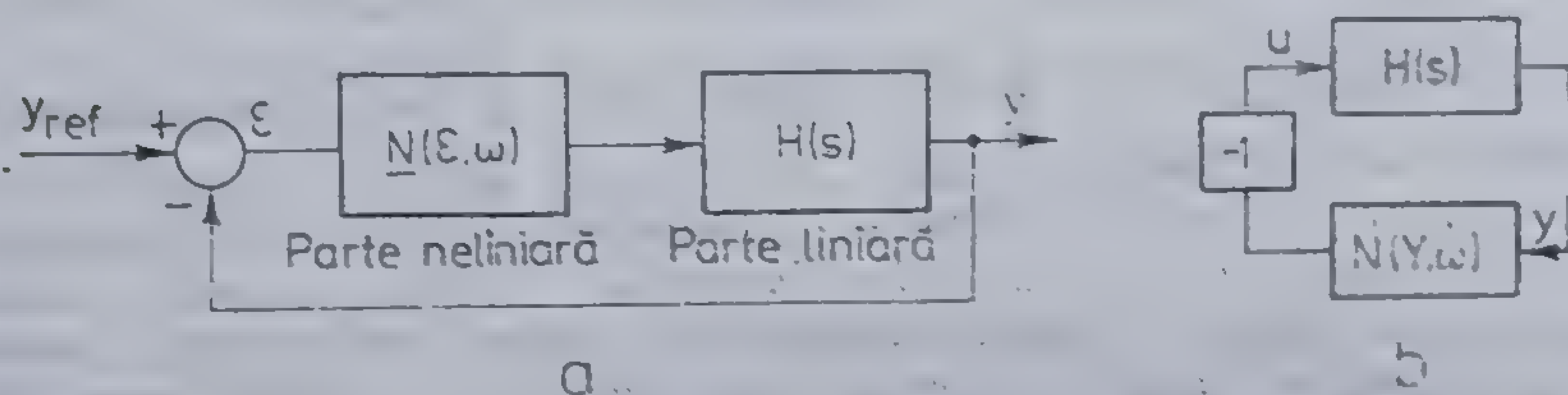


Fig. C.26. Echivalări structurale pentru interpretarea stabilității sistemelor nelineare.

și partea liniară prin  $H(j\omega)$ , unde  $\varepsilon$  reprezintă amplitudinea oscilației aplicată părții nelineare, iar  $\omega$ , pulsația fundamentală a acesteia. Condiția de funcționare cu oscilații a sistemului automat nelinear este

$$1 + \underline{N}(\varepsilon, \omega) \cdot H(j\omega) = 0$$

care se scrie astfel:

$$H(j\omega) = - \frac{1}{\underline{N}(\varepsilon, \omega)}$$

Se consideră că  $H(s)$  este stabilă (interpretarea se va face cu  $\rightarrow$  **criteriu de stabilitate Nyquist restrins**) și nelinearitatea este statică, deci  $N$  este funcție numai de  $\varepsilon$ . Atunci dacă există intersecție între hodograful părții liniare și

hodograful lui  $\left( - \frac{1}{\underline{N}(\varepsilon)} \right)$  (trasat în raport cu  $\varepsilon > 0$ ), se poate spune că sistemul

automat nelinear funcționează cu oscilații întreținute, punctele de intersecție între cele două hodograme reprezentând punctele critice, așa cum la sistemele automate liniare punctul  $(-1, j0)$  era punctul critic, față de care se interpreta stabilitatea acestora. Stabilitatea în amplitudine a oscilațiilor din sistemul auto-

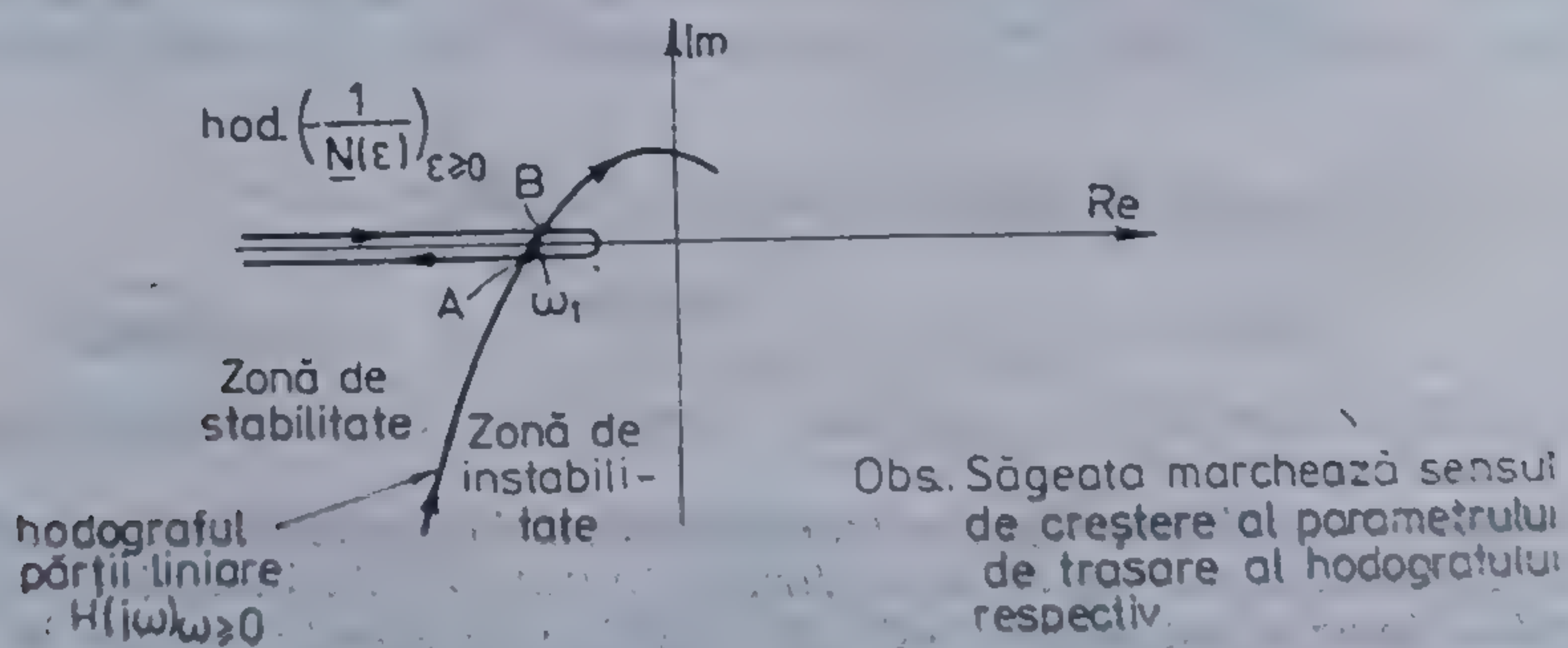


Fig. C.27. Exemplificarea grafică a criteriului de stabilitate Nyquist cu punct mișcător.



mat neliniar, se face pe baza poziției relative a hodografului părții liniare  $H(j\omega)$  față de punctul critic analizat, cînd datorită perturbațiilor, sistemul este scos din punctul critic. Terminologia uzuală este: punct de instabilitate stabilă, dacă sistemul are tendința de a păstra constantă amplitudinea oscilațiilor (punctul  $A$  din fig. C.27), respectiv instabilitate instabilă, dacă orice perturbație, oricît de mică, scoate sistemul din acest punct de funcționare (punctul  $B$  din fig. C.27). Intersecția este în două puncte diferite pentru că parametrii de intersecție sînt diferiți:  $A(\varepsilon_A, \omega_1)$ ,  $B(\varepsilon_B, \omega_1)$ . Dacă nu există intersecție între cele două hodografe, c. de s. N. cu p.m. nu poate fi aplicat.

criteriul de stabilitate Routh, procedeu algebric de analiză a stabilității sistemelor automate liniare continuu avînd ecuația caracteristică

$$X(s) = a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \dots + a_{n-2} s^2 + a_{n-1} s + a_n = 0$$

Formînd tabloul

$a_0$	$a_2$	$a_4$	$a_6$	.....
$a_1$	$a_3$	$a_5$	$a_7$	.....
$b_0$	$b_2$	$b_4$	$b_6$	.....
$b_1$	$b_3$	$b_5$	$b_7$	.....
$c_0$	$c_2$	$c_4$	$c_6$	.....
$c_1$	$c_3$	$c_5$	$c_7$	.....
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

în care  $a_i$  sînt coeficienții ecuației caracteristice,  $b_i$  se calculează succesiv cu relațiile:

$$b_0 = \begin{vmatrix} a_0 & a_2 \\ a_1 & a_3 \end{vmatrix}, \quad b_2 = \begin{vmatrix} a_0 & a_4 \\ a_1 & a_5 \end{vmatrix}, \quad \dots, \quad b_{2k} = \begin{vmatrix} a_0 & a_{2k+2} \\ a_1 & a_{2k+3} \end{vmatrix}$$

$$b_1 = \begin{vmatrix} b_0 & b_2 \\ a_1 & a_3 \end{vmatrix}, \quad b_3 = \begin{vmatrix} b_0 & b_4 \\ a_1 & a_5 \end{vmatrix}, \quad \dots, \quad b_{2k+1} = \begin{vmatrix} b_0 & b_{2k+2} \\ a_1 & a_{2k+3} \end{vmatrix}$$

iar  $c_i$  se calculează după aceeași regulă, punînd în loc de  $a_i$ ,  $b_i$  și în loc de  $b_j$ ,  $c_j$  în formulele anterioare. Conform c. de s. R., sistemul automat liniar continuu este strict stabil dacă prima coloană, din tabloul format, conține numai numere pozitive.

criteriul de stabilitate Routh-Hurwitz, extinderea  $\rightarrow$  criteriului de stabilitate Hurwitz ( $\rightarrow$  criteriul de stabilitate Routh) la sistemele automate liniare discrete; dacă  $X(z) = 0$  este ecuația caracteristică a sistemului automat liniar discret, se aplică o transformare omografică ce transferă interiorul cercului de rază unitară cu centrul în origine, în semiplanul stîng al unei variabile complexe. Transformările omografice utilizate în mod curent sînt transformata  $r$

$$z = \frac{r+1}{r-1}, \quad r \in \mathbb{C}$$



sau transformata  $w$

$$z = \frac{1+w}{1-w}, \quad w \in \mathbb{C}$$

De ex., pentru transformata  $w$  se obține ecuația caracteristică

$$X(w) = X(z) \Big|_{z = \frac{1+w}{1-w}} = 0$$

pentru care se aplică  $\rightarrow$  criteriul de stabilitate Hurwitz sau  $\rightarrow$  criteriul de stabilitate Routh de la sistemele automate continue.

criteriul de stabilitate Schur-Cohn, metodă de analiză a stabilității sistemelor automate liniare discrete pe cale algebrică; dacă ecuația caracteristică a sistemului liniar discret este

$$X(z) = a_n z^n + a_{n-1} z^{n-1} + \dots + a_2 z^2 + a_1 z + a_0 = 0, \quad a_n \neq 0$$

se formează determinații

$$\Delta_k = \begin{vmatrix} a_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & a_n & a_{n-1} & a_{n-2} & \dots & a_{n-(k+1)} \\ a_1 & a_0 & 0 & \dots & 0 & 0 & a_n & a_{n-1} & \dots & a_{n-(k+2)} \\ a_2 & a_1 & a_0 & \dots & 0 & 0 & 0 & a_n & \dots & a_{n-(k+3)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k-1} & a_{k-2} & a_{k-3} & \dots & a_0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_n \end{vmatrix}, \quad k = \overline{1, n}$$

$$\begin{vmatrix} \bar{a}_n & 0 & 0 & \dots & 0 & \bar{a}_0 & \bar{a}_1 & \bar{a}_2 & \dots & \bar{a}_{k-1} \\ \bar{a}_{n-1} & \bar{a}_k & 0 & \dots & 0 & 0 & \bar{a}_0 & \bar{a}_1 & \dots & \bar{a}_{k-2} \\ \bar{a}_{n-2} & \bar{a}_{n-1} & \bar{a}_n & \dots & 0 & 0 & 0 & \bar{a}_0 & \dots & \bar{a}_{k-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{a}_{n-(k+1)} & \bar{a}_{n-(k+2)} & \dots & \bar{a}_n & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \bar{a}_0 \end{vmatrix}$$

unde  $\bar{a}_k$  înseamnă conjugatul complex al lui  $a_k$ , cu care se formulează c. de s. S.-C.: sistemul automat liniar discret este strict stabil (toți polii sînt în interiorul cercului de rază unitară cu centrul în origine) dacă șirul  $\div 1, \Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  are  $n$  schimbări de semn. În caz contrar sistemul automat liniar discret este instabil.

crosasamblor, sistem de programe, implementat pe un calculator numeric universal, destinat conversiei programului sursă, scris în limbaj de asamblare, în program obiect (image direct executabilă), destinat unui microsistem (de ex., un sistem de conducere a proceselor). Necesitatea c. derivă din volumul relativ mare al resurselor necesare (deși mai mic decît în cazul  $\rightarrow$  compilării), ca și din inutilitatea prezenței sale în sistemul de programe dedicat unei aplicații bine determinate.



cuantizare, operație de transformare a semnalelor, prin care se realizează discretizarea lor în amplitudine (nivel), în timp sau simultan în timp și amplitudine. C. în amplitudine a unui semnal  $x(t)$  asociază semnalului inițial o valoare cit mai apropiată  $x_k(t)$ , dintr-o mulțime de valori aprioric fixate  $x_k(t)$ , ( $k = 0, 1, \dots, N$ ). Diferența între două valori succesive  $q_k = x_{k+1} - x_k$  poartă numele de *pas de c.* Intervalul de valori al semnalului inițial pentru care se asigură o valoare de c. impusă se numește interval de c. Valorile  $x_k$  asociate se numesc *niveluri de c.* În fig. C. 28 se prezintă caracteristica unui cuantizator la care pasul și nivelul de c. sînt constante (datorită simplității este cel mai utilizat). C. în timp (eșantionarea) constă în transformarea unui semnal continuu  $x(t)$  în impulsuri rectangulare  $x^*(t)$  care se succed la intervale discrete

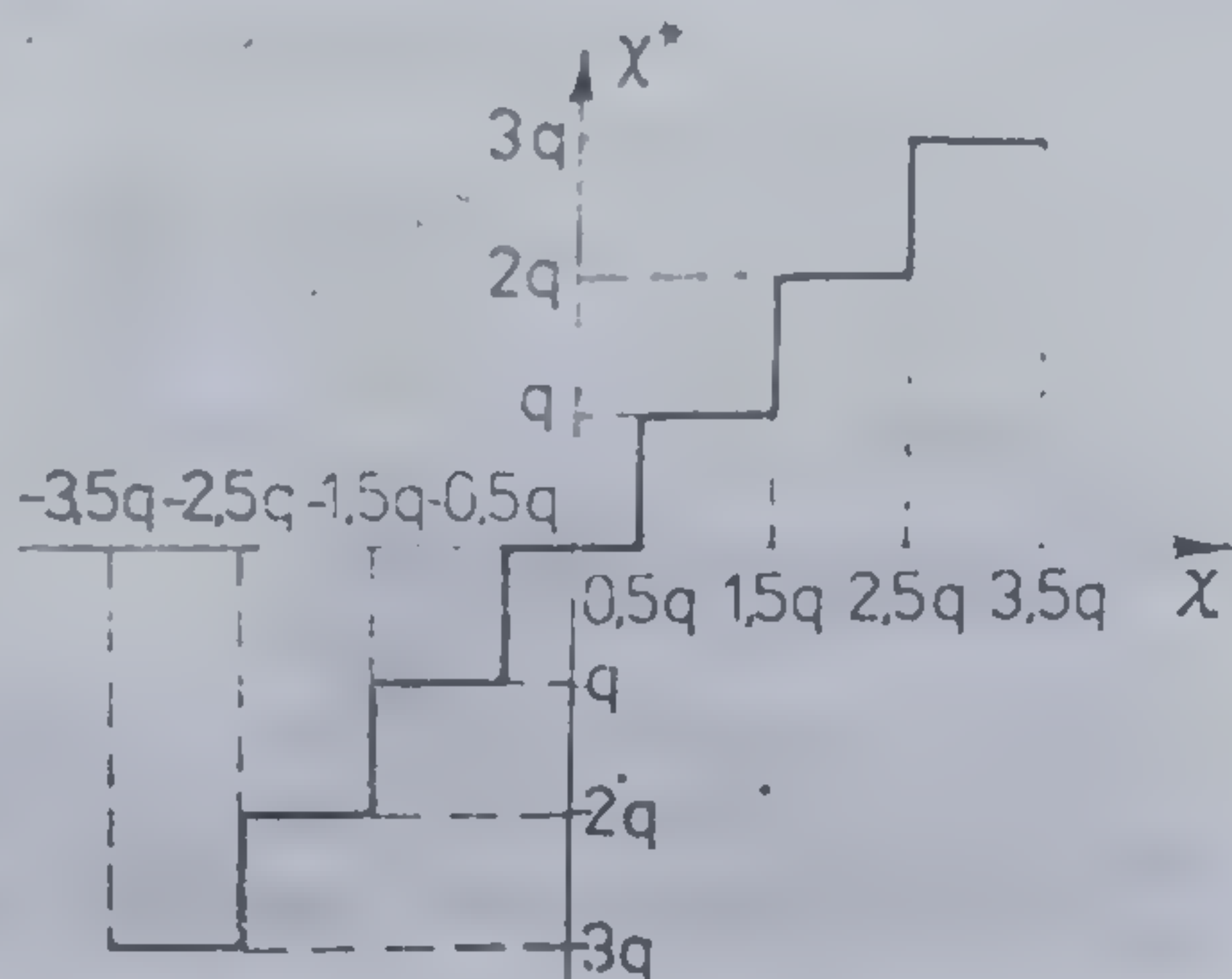


Fig. C.28. Caracteristica statică a unui cuantizator.

de timp  $kT$ , de amplitudine  $x(kT)$  și de durată  $\Delta t \ll T_0$ , unde  $T$  reprezintă perioada de c. în timp (perioada de eșantionare). Operația de c. în timp este

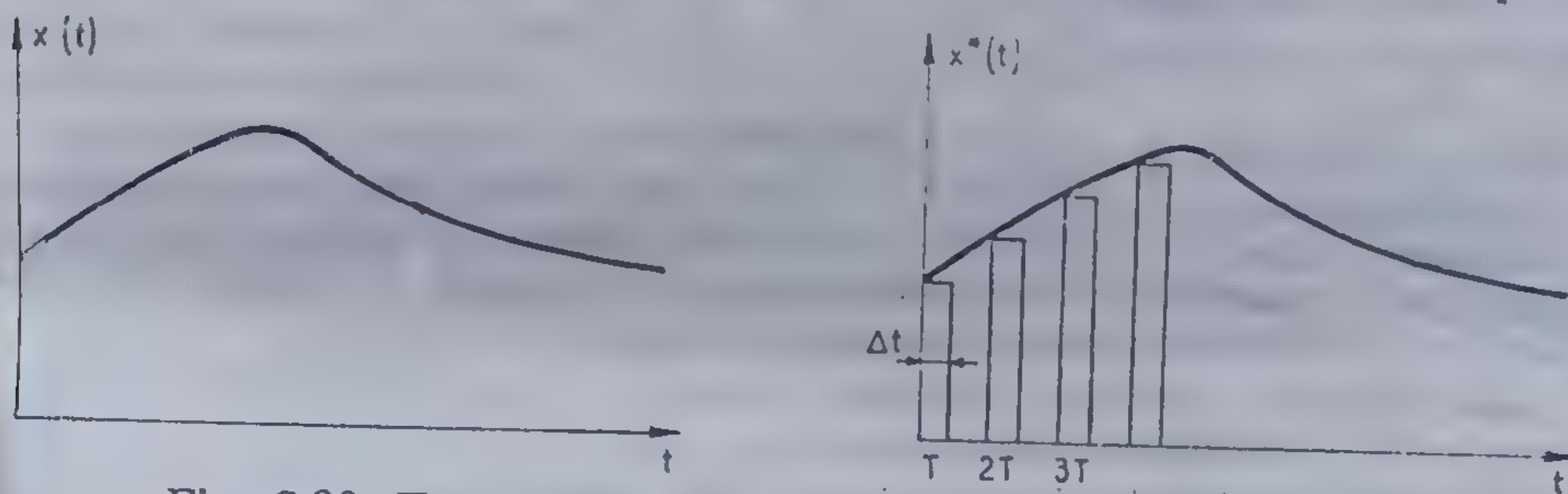


Fig. C.29. Exemplificarea grafică a cuantizării în timp.

reprezentată în fig. C.29. În cazul semnalelor cu modificări rapide ale vitezei de variație se aplică c. în timp cu  $T$  variabil, adaptat în raport cu evoluția semnalului.

**cuplaj**, dispozitiv de interconectare a elementelor componente ale unui sistem. În raport cu caracteristicile constructive ale elementelor, c. pot fi electromagnetice, electrice, mecanice, hidraulice, optoelectronice. În construcția de aparatură electronică de automatizare se întâlnesc uzual c. electrice directe (fără separare galvanică) sau prin transformator și optoelectronice (cu separare galvanică). În domeniul acționărilor electrice automatizate se utilizează în mod frecvent → **cuplajul electromagnetic**.

**cuplaj electromagnetic**, component al elementelor de execuție electrice caracterizat prin constante de timp electromecanice și electromagnetice mici, accelerații pozitive și negative foarte mari și posibilități de memorare a comenzii, putînd fi astfel utilizate în sisteme de reglare a poziției (fig. C. 30). Comanda în circuit închis sau deschis a c.e. prin intermediul unor dispozitive electrice și electronice determină realizarea unei legături rigide sau elastice între arborele condus și cel conducător, permițînd transmiterea puterii mecanice către sarcină, aceasta fiind adaptată din punctul de vedere al cuplului și al vitezei unghiulare la caracteristicile motorului de acționare prin intermediul reductoarelor. Indiferent de principiul constructiv, c. e. sînt formate din



două semicuple: una conducătoare (de intrare) care preia direct sau prin intermediul unui reductor mișcarea de la arborele motorului de acționare și alta condusă (de ieșire), care transmite direct sau prin intermediul altui reductor

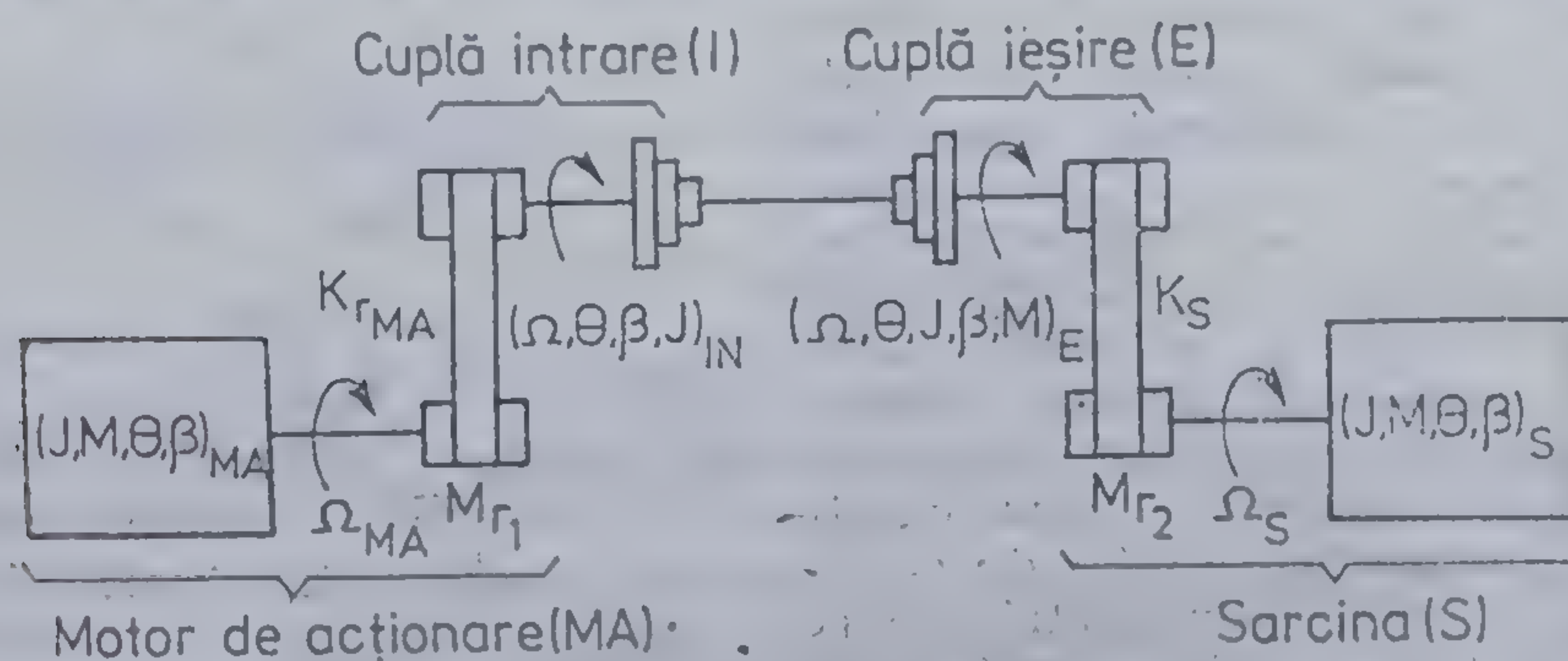


Fig. C.30. Schemă de cuplaj electromagnetic.

mișcarea la arborele sarcinii. După modul cum se realizează legătura între cele două semicuple, se disting trei categorii de c.e.: cu legătură mecanică (cu fricțiune, cu dantură, cu arc); cu legătură electromecanică (cu pulberi); cu legătură prin cîmp electromagnetic (cu alunecare, cu histerezis). C.e. asigură performanțe de conducere în următoarele game: timpi de răspuns 8—300 ms; turație maximă 3000 — 12000 rot/min; cuplu transmisibil 15—13 500 Nm; durata de viață (număr de anclanșări)  $(10-500) \times 10^6$ .

**cuplare**, relație între modulele componente ale unui sistem de programe, definită prin gradul de interdependență dintre acestea. În vederea unei scrieri, depanări, implementări și întrețineri ușoare se recomandă un grad cît mai mic de c. între modulele ce compun un anumit sistem de programe.

**cutie neagră**, noțiune abstractă asociată comportamentului intrare/ieșire al unui sistem dinamic necunoscut și evidențiind orientabilitatea acestuia în sensul transferului cauzal de la intrare către ieșire.

**cuvînt**, colecție de biți utilizați pentru reprezentarea informației; modalitățile, mai des utilizate, de reprezentare a c. sînt: — c. de cod, succesiune de simboluri, de regulă binare, reprezentînd un c. din codul simbolizat; — c. de stare, c. ce caracterizează starea la un moment dat a unui sistem, a execuției unui program al acestuia etc.



# D

debit de informație (al unei surse), produsul dintre entropia sursei și numărul mediu de simboluri transmise într-o secundă, reprezentând cantitatea de informație transmisă în unitatea de timp. În mod curent d. de. i. definește viteza de transmisie a informației.

decadă de pulsație, interval în care pulsația crește de 10 ori ( $\omega$ ,  $10\omega$ ). Se utilizează în cazul analizei în frecvență a sistemelor pe baza caracteristicilor atenuare-pulsație și fază-pulsație, intervalul amintit caracterizînd variații de amplitudine standard pentru elemente tip : +20 dB pentru elementul de anticipare de ordin I, -20 dB pentru elementul de întârziere de ordin I, -40 dB pentru elementul de anticipare de ordin II și -40 dB pentru elementul de întârziere de ordin II.

decodificator, dispozitiv logic combinațional folosit pentru selectarea unui anumit circuit sau element din mai multe posibile ( $n$ ), pe baza adresei codificate (compusă din  $m$  biți) a circuitului selectat. Pentru cazuri simple, numărul  $n$  al liniilor de selectare la ieșire este  $2^m$ , unde  $m$  este numărul de cifre binare

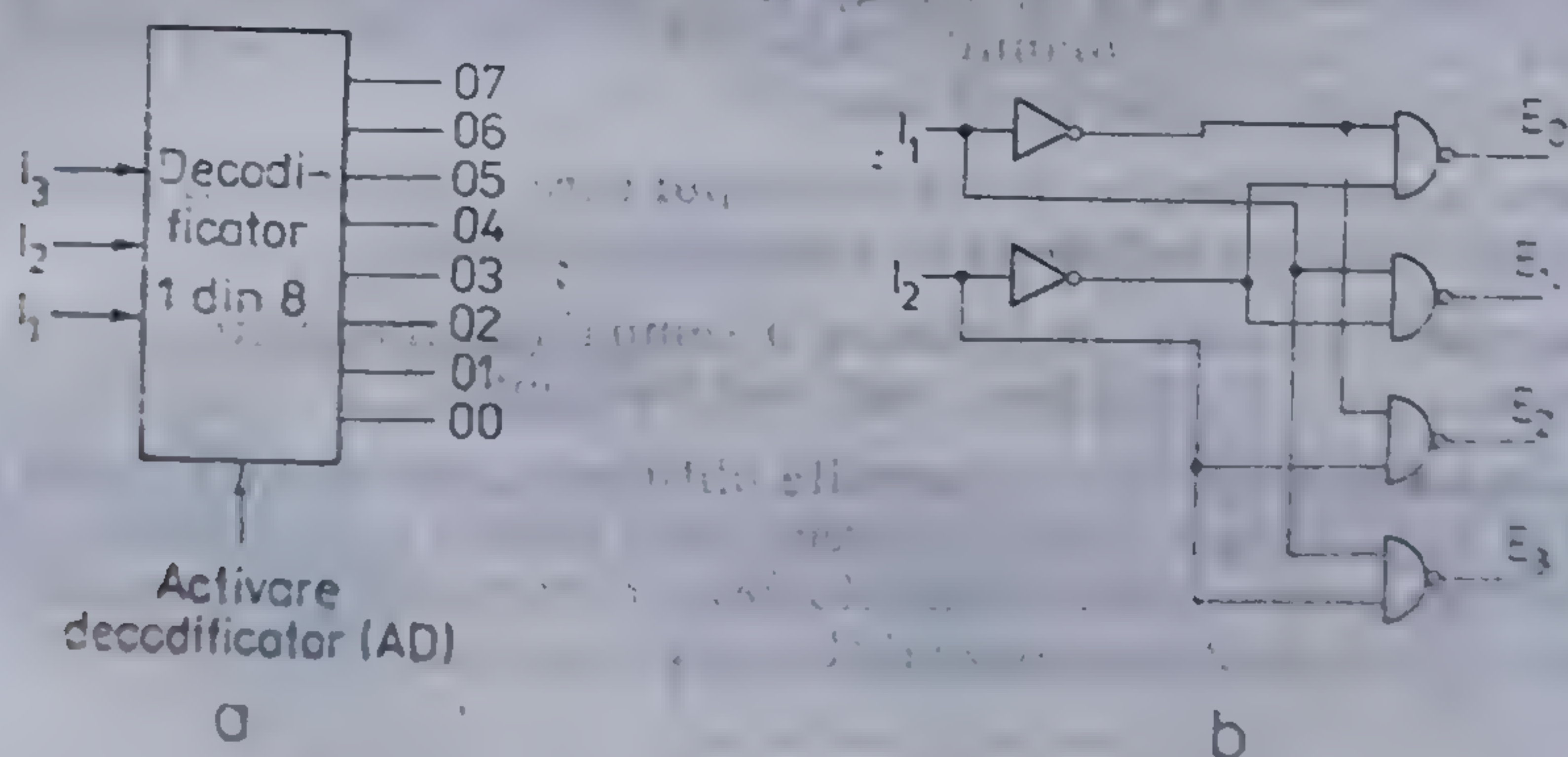


Fig. D.1. Scheme de decodificatoare.

utilizate pentru codificarea numelui elementului selectat. În fig. D.1 se prezintă liniile de control și selectare pentru un decodificator 1 din 8. Când linia AD este inactivă toate liniile de selectare 00—07 sînt inactivе. Când linia AD este activă, numai una din liniile 00—07 este activă, cea a cărei adresă (în zecimal) corespunde combinației binare a semnalelor de intrare  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ . De ex., dacă  $I_3 = 1$ ,  $I_1 = 0$ ,  $I_2 = 1$  este activată linia 06. În fig. D.1, b este prezentată schema unui d. logic cu două intrări ( $I_1$ ,  $I_2$ ) și 4 ieșiri ( $E_0$ ,  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ). D. sînt utilizate frecvent în structuri de adresare selectivă a sistemelor cu memorii, în scheme de numărare, în construcția convertoarelor analog-



numerice, în secvențierea datelor, în distribuirea semnalelor de lacl. în demulti-plexări, în generarea de minitermeni și a noii stări în mașini algoritmice de stare. Circuitele de ieșire ale d. integrate pot fi cu etaj de ieșire „*totem pole*” standard și cu etaje de ieșire cu colector în gol. În sisteme de microcalculatoare se utilizează d. cu ieșiri *tristate* (trei stări) pentru decodificarea porturilor intrare/ieșire, generarea semnalelor de selectare a circuitelor de memorie, selectarea tipului de stare mașină. D. pentru afișări/ cu circuit de comandă, generează coduri numerice (de ex., 7 segmente) și furnizează aceste coduri unui circuit de comandă, sau direct elementului de afișare.

**decuplare**, problemă reprezentativă a sintezei sistemelor care se formulează astfel: dându-se sistemul dinamic descris prin  $p \times m$  matricea sa de transfer  $T(s)$  împreună cu specificarea unei partiții a vectorului de ieșire  $y$  de forma

$y_1, \dots, y_q$  cu  $y_i \in \mathbb{R}^{p_i}$  și  $p_i \geq 1$ ,  $\sum_{i=1}^q p_i = p$ , să se determine un compensator

serie cu matricea de transfer  $T_c(s)$  astfel încât matricea de transfer rezultantă  $T(s)T_c(s)$  să fie bloc diagonală. Un sistem care posedă această proprietate se numește *decuplabil*. Rezolvarea completă a problemei d. reclamă implemen-tarea în circuit închis a soluției, împreună cu asigurarea stabilității interne.

**decuplarea interacțiunilor**, metodă de conducere a sistemelor complexe utilizînd un sistem ierarhizat de conducere constînd din tratarea în primă instanță a procesului condus ca fiind compus din  $n$  subprocese independente ( $\rightarrow$ conducere ierarhizată). În acest fel sistemele subordonate rezolvă un set de probleme de optimizare independente, iar interacțiunile dintre subprocese sint luate în considerare la nivelul ierarhic superior.

**defazaj**, diferența de fază dintre două semnale electrice periodice (sinu-soidale, rectangulare, ș. a.) de aceeași frecvență. La reprezentarea semnalelor sinusoidale prin fazori în planul complex, d. se apreciază prin unghiul dintre fazorii corespunzători celor două semnale.

**defazor**, circuit electric de tip cuadripol care introduce un defazaj anumit al semnalului de ieșire în raport cu semnalul de intrare.

**demodulare**, operație de obținere a semnalului modulator (util) dintr-un semnal modulat în amplitudine, fază sau frecvență.

**demodulator**, dispozitiv ce permite obținerea semnalului util din semnalul modulat în amplitudine, fază sau frecvență. D. sint construite cu dispozitive semiconductoare (diode sau tranzistoare), ce lucrează de obicei în regim de comutație. În fig. D.2 este prezentat un d. în inel cu diode.

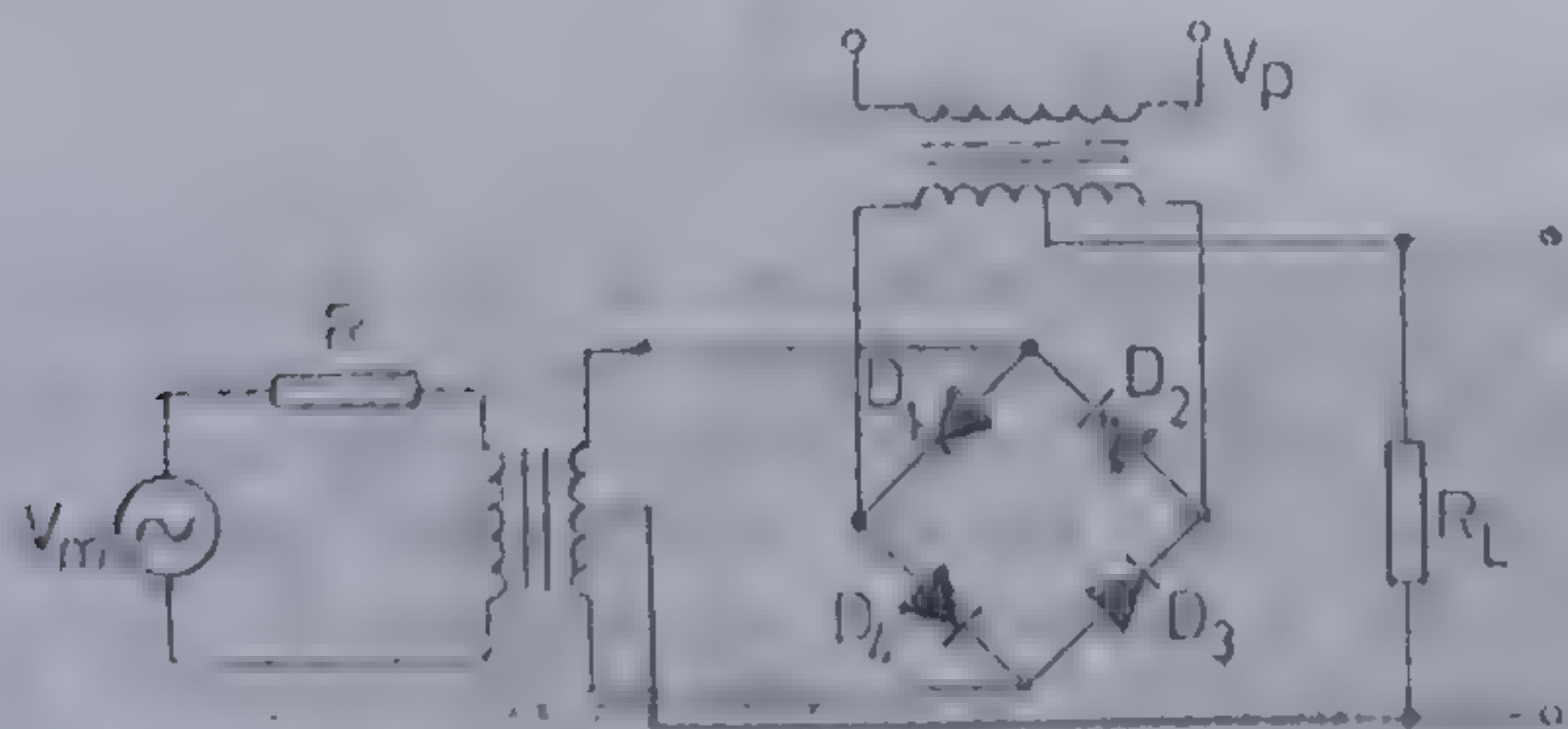


Fig. D.2. Schema unui demodu-lator în inel cu diode.

$V_m$  - Amplitudinea semnalului modulat

$V_p$  - Amplitudinea purtătoare



demodulator în impulsuri, demodulator care recuperează semnalul modulat dintr-o succesiune de impulsuri. Prin demodulare se obțin eșantioanele semnalului modulat care sînt supuse apoi unei operații de netezire (filtrare) pentru a obține semnalul inițial. Cel mai simplu sistem pentru demodularea impulsurilor modulate în amplitudine constă în utilizarea unui filtru trece jos (FTJ) cu frecvența de tăiere  $f_T \leq \frac{1}{2} f_0$ , unde  $f_0$  este frecvența de eșantionare. În fig. D. 3 este prezentat un d. în i. cu detecții de vîrfuri și FTJ.

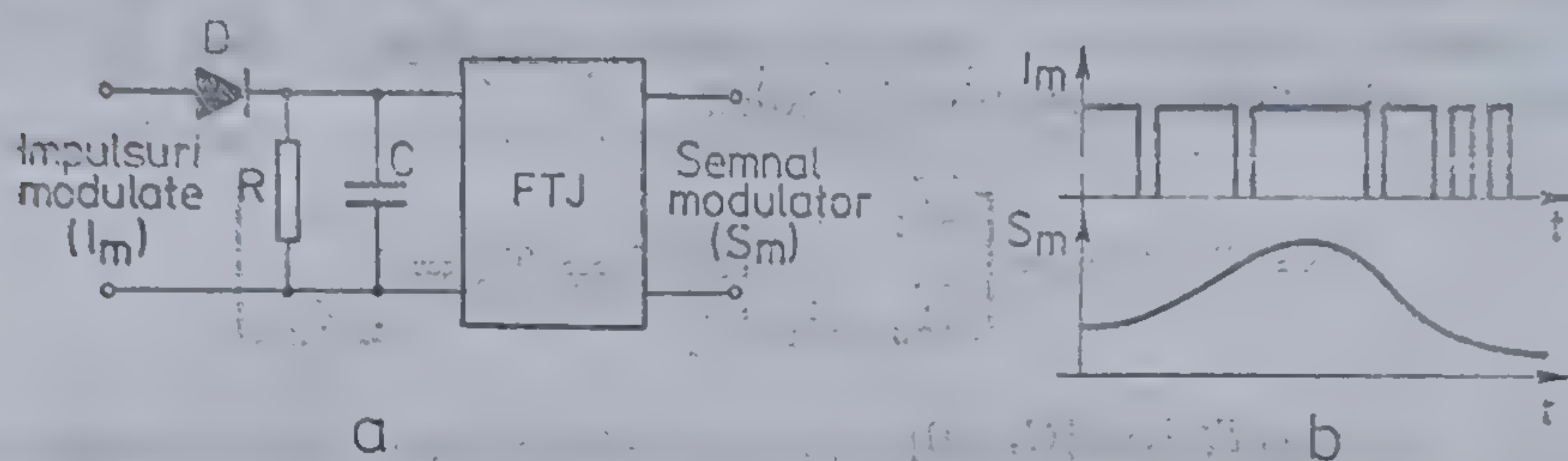


Fig. D.3. Demodulator în impulsuri:

a — schemă de principiu; b — diagramă de semnal.

demultiplexor, element utilizat pentru distribuirea datelor sau a semnalelor de tact de la o sursă unică către o destinație selectată prin adresa aplicată (fig. D.4). În structurile numerice d. este un circuit logic combinațional de tip decodificator logic și se utilizează în secțiunile de ieșire ale automatelor programabile, interfețelor calculator-proces, ș. a. În fig. D.4, b este prezentat un d. 1 din 32 ce utilizează decodificatoare logice 1 din 10.

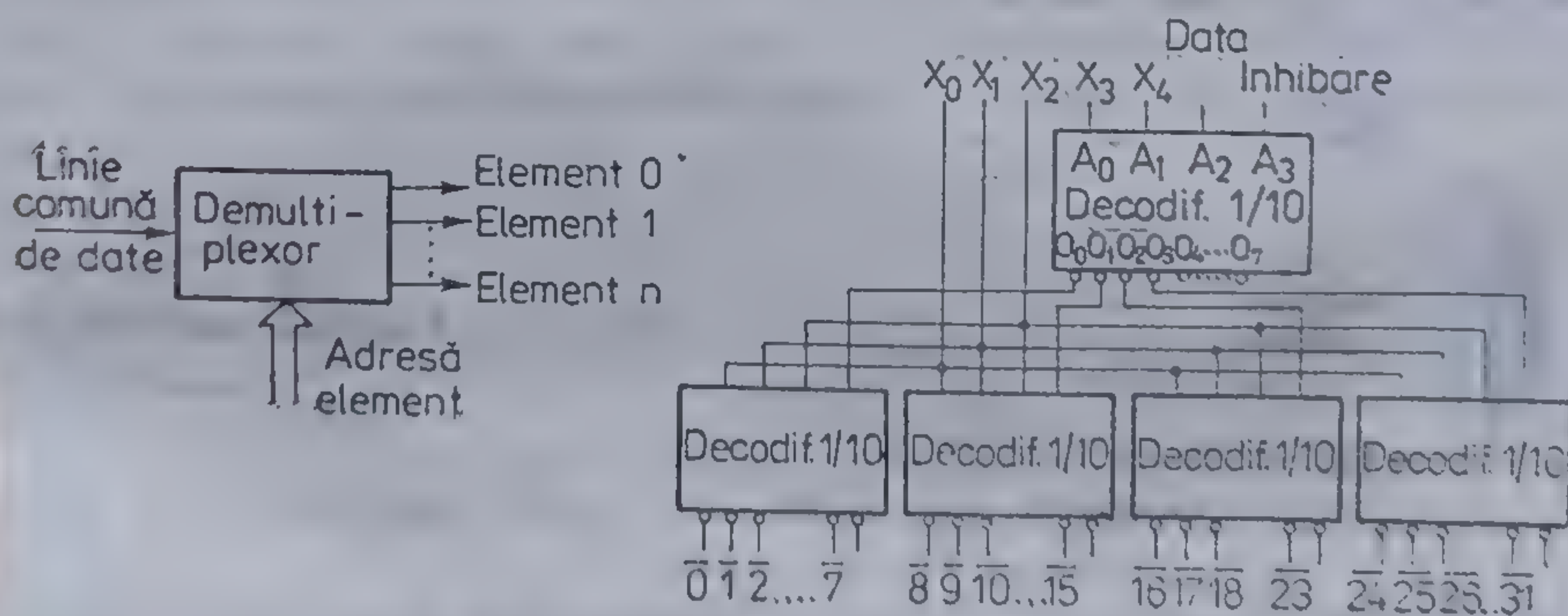


Fig. D.4. Demultiplexor 1 la 32:

a — schemă de principiu; b — schemă structurală.

descărcarea automată a sarcinii (DAS), sistem de întrerupere automată a alimentării unor consumatori (mai puțin importanți), la scăderea frecvenței într-un sistem energetic, realizând o reducere a deficitului de putere și restabilind cât mai rapid egalitatea dintre puterea electrică activă generată în sistem și puterea consumată, astfel ca frecvența să revină la valoarea de consemn sau în vecinătatea acestela (la o valoare de revenire admisibilă).



descompunerea automatelor, procedură de simulare a unui automat prin automate sau grupuri de automate ireductibile. Procedura de d. a. se bazează pe operații matematice de partiționare asupra grupurilor (asociate automatelor) prin clase de echivalență. Krohn și Rhodes au demonstrat că orice automat poate fi descompus în elemente bistabile de memorie și în automate ale grupurilor care divid semigrupul  $\rightarrow$  automatului dat.

detectabilitate, proprietate a unui sistem dinamic ce caracterizează cazul limită în care se mai poate construi un estimator asimptotic; un sistem liniar și invariant  $(A, \dots, C)$  este detectabil dacă stările neobservabile sînt stabile. Dacă sistemul (perechea  $(C, A)$ ), nu este observabil, există o transformare nesingulară  $T$  (de ex., transformarea  $T^{-1} = [N \perp N]$  cu  $N$  o bază a subspațiului neobservabil  $\mathfrak{N} = \text{Im } N = \text{Ker } Q$ ) care aplicată sistemului evidențiază stările observabile  $\bar{x}_1$  și cele neobservabile  $\bar{x}_2$ , adică :

$$\bar{A} = TAT^{-1} = \begin{bmatrix} \bar{A}_1 & 0 \\ \bar{A}_3 & \bar{A}_2 \end{bmatrix}, \quad \bar{x} = Tx = \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \end{bmatrix}$$

$$\bar{C} = CT^{-1} = [\bar{C}_1 \quad 0]$$

Sistemul  $(A, \dots, C)$  este d. dacă matricea  $A_2$  este stabilă, deci  $\sigma(\bar{A}_2) \in \mathbb{C}^-$ ; în acest caz se poate construi un estimator asimptotic pentru sistem, parțial alocat la nivelul subspațiului observabil.

detector, denumire utilizată uneori pentru elementul sensibil al aparatelor de măsurat și traductoarelor. În general, denotă dispozitive care permit evidențierea unei anumite mărimi utile, în condițiile în care aceasta apare împreună cu alte mărimi perturbatoare. În echipamentele electronice prin d. se înțelege etajul (blocul) în cadrul căruia se realizează operația de captare a unui tip de semnal sau a anumitor valori caracteristice acestuia (de ex., d. de valoare de vîrf, d. de prag, d. de zero). Un exemplu de d. sensibil la fază este reprezentat în fig. D.5.

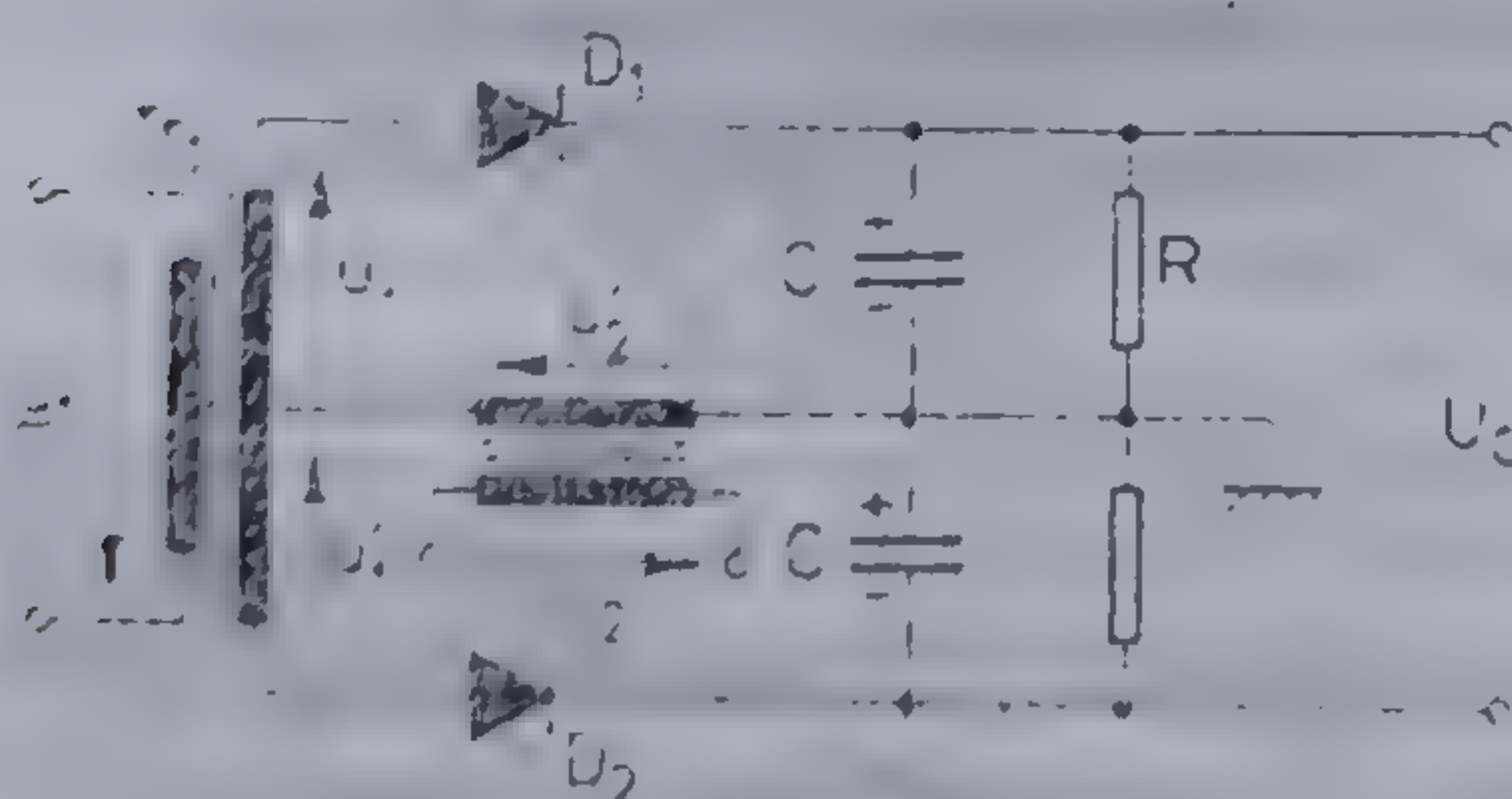


Fig. D.5. Detector sensibil la fază.

Pentru cazul în care

$$u_1(t) = U \sin \omega t \text{ și } u_2(t) = U \sin (\omega t + \varphi)$$

și transformatoarele  $Tr_1$  și  $Tr_2$  au rapoartele de transformare egale (convențional 1) rezultă:

$$u_c = 2U \left[ \left| \cos \frac{\varphi}{2} \right| - \left| \sin \frac{\varphi}{2} \right| \right]$$



O altă utilizare a acestui termen se referă la dispozitive de supraveghere și alarmare: d. de flacără, d. de fum, d. de radiații etc.

diafonie, efect perturbator întâlnit în transmisia informației pe canale de comunicație, provenind din semnalele utile ale altor canale. D. poate fi inteligibilă dacă perturbația ce o provoacă este puternic coerentă, sau neinteligibilă dacă perturbația este slab coerentă cu semnalul util din alte canale.

diafragmă, disc metalic cu orificiu circular central care se introduce în conducte în scopul măsurării debitului de fluide. Măsurarea debitului se bazează pe diferența de presiune care se creează între cele două zone ale conductei separate prin d. datorită reducerii (strangulării) secțiunii de trecere a fluidului. Pentru preluarea diferenței de presiune, la periferia conductei pe cele două fețe ale d., se prevăd prize de presiune sub forma unor camere inelare. Expresia debitului volumetric  $Q$  în funcție de căderea de presiune  $\Delta p$  pe d. în cazul unui fluid necompresibil este dată de relația

$$Q_v = \alpha S_c \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

unde  $\alpha$  reprezintă coeficientul de debit dependent de raportul între secțiunea orificiului d, și secțiunea conductei, vîscozitatea fluidului și caracterul curgerii acestuia;  $S_c$  — secțiunea de trecere a d. și  $\rho$  — densitatea fluidului. În cazul fluidelor compresibile în expresia precedentă intervine multiplicarea cu un coeficient de detentă  $\varepsilon$  prin intermediul căruia se ține seama de transformările de stare ale acestor fluide la trecerea prin d. precum și de influența temperaturii și presiunii (statice). Prin asocierea d. cu un traductor de presiune diferențială și un extractor de radical se obține un traductor de debit.

diagrama stărilor unui automat finit, graf orientat în care nodurile grafului reprezintă stările automatului, iar arcele indică modul de efectuare a tranzițiilor între stări.

diagramă logică, reprezentare grafică a unei scheme logice sau a unor operații logice cu mulțimi. D. l. primară a fost diagrama Euler-Venn (cunoscută mai ales ca diagrama Venn), care constă în a reprezenta mulțimea totală  $E$  printr-un dreptunghi, iar submulțimile din  $E$  ca suprafețe interioare lui  $E$ .

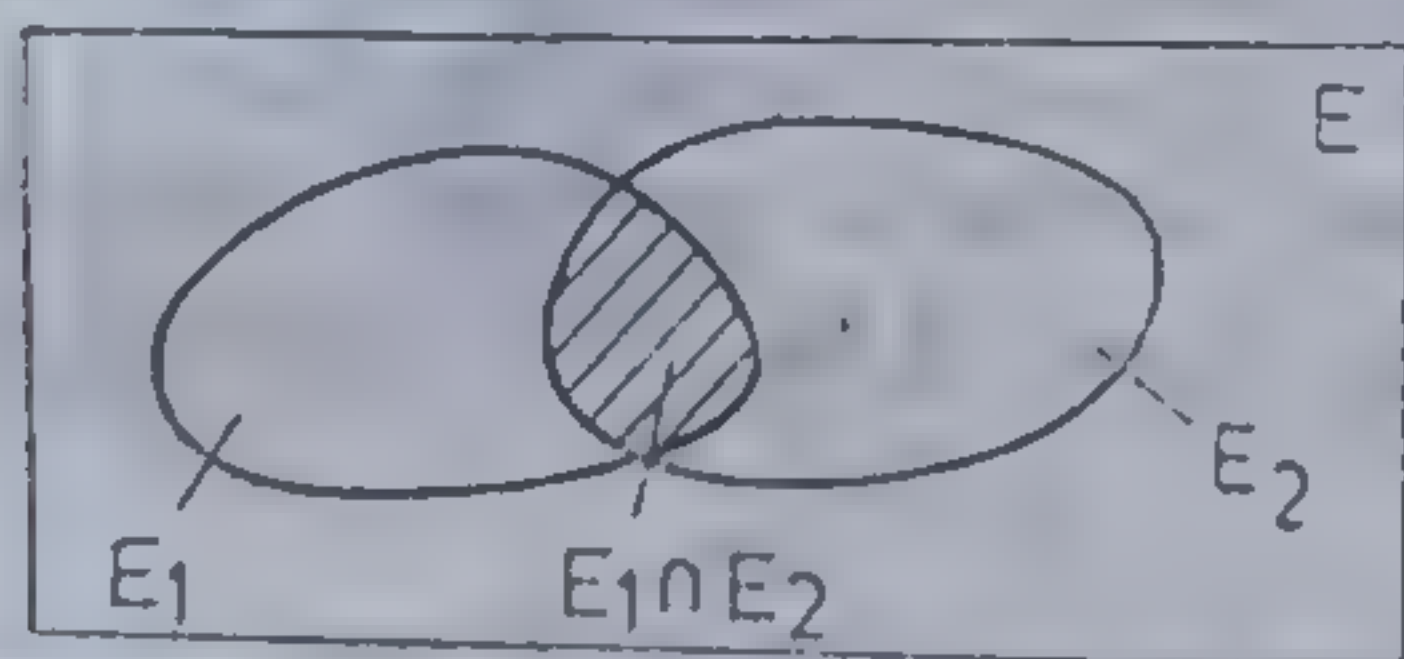


Fig. D.6. Diagramă Venn.

$x_1 x_2$		$x_3$			
$x_3$		00	01	11	10
	0	0	1	1	0
	1	1	1	1	0

Fig. D.7. Diagramă Karnaugh.

În fig. D.6 se reprezintă prin diagrama Venn intersecția a două mulțimi. Adaptarea diagramei Venn pentru algebra booleană a condus la diagramele Karnaugh și Veitch. Diagrama Karnaugh este un mod de reprezentare a funcțiilor logice de  $n$  variabile, constând din  $2^n$  celule, care evidențiază toate combinațiile de valori ale variabilelor, codificate astfel încât două celule adiacente să difere printr-o singură variabilă. În fig. D.7 se prezintă diagrama Karnaugh pentru trei variabile binare  $x_1, x_2, x_3$ , în celule fiind înscrisă funcția logică

$$f = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 \bar{x}_3 \cup \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \cup \bar{x}_1 x_2 x_3 \cup x_1 x_2 x_3$$



Prin inspecția diagramei Karnaugh se determină grupuri posibile de  $2^k$  celule adiacente ( $k = 1, 2, \dots, n-1$ ), fiecare grupare permițind obținerea unui produs de  $n-k$  variabile (pentru exemplul dat  $f = x_2 \cup \bar{x}_1 x_3$ ). Se constată că diagrama Karnaugh este un instrument util în minimizarea funcțiilor logice, dar numai pentru  $n \leq 6$  variabile. Diagrama Veitch constituie un mod de reprezentare a diagramei Karnaugh care folosește, în locul codificării binare a variabilelor, codificarea directă literală. Diagrama Veitch se obține dintr-o diagramă Venn (pentru mulțimea tuturor variabilelor) partiționată în celule ce corespund submulțimilor asociate câte unei variabile  $x_i$  și a complementării acesteia  $\bar{x}_i$ . În fig. D.8 se reprezintă diagrama Veitch pentru exemplul reprezentat și prin diagrama Karnaugh. Celula marcată (\*) reprezintă mintermenul  $x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$ .

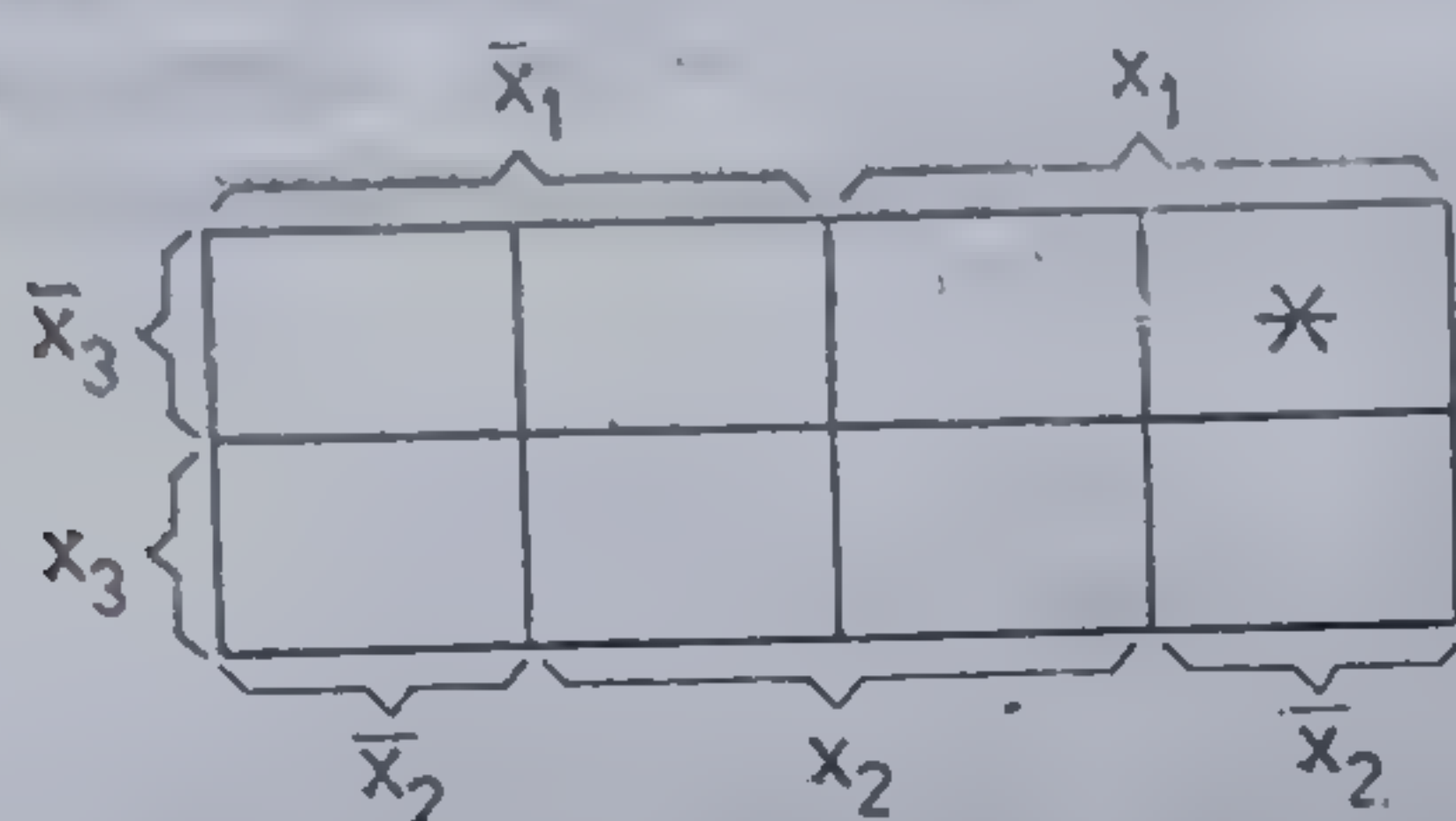


Fig. D.8. Diagramă Veitch.

diagramă Nichols, mod de reprezentare a caracteristicilor de frecvență ale unei funcții de transfer; în ordonată, d.N. conține  $H_{dB}$ , iar în abscisă faza  $\varphi(\omega)$ , sau, în unele cazuri rezerva de stabilitate pe fază  $\Delta\varphi(\omega) = \pi + \varphi(\omega)$ , caracteristica trasată fiind gradată în valori ale pulsației  $\omega \geq 0$ . D. N. este utilă în analiza și sinteza în frecvență a sistemelor automate liniare cu o intrare și o ieșire.

diagrame Black, curbe trasate în planul hodografului funcției de transfer în circuit deschis  $H(s)$ , ce permit determinarea grafo-analitică a caracteristicilor de frecvență ale sistemului automat  $H_0(s)$ . D.B. se diferențiază după parametrul pentru care se trasează. Astfel notînd

$$H(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$$

$$H_0(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega) = H_0(\omega) e^{j\varphi_0(\omega)}$$

se utilizează următoarele d.B.: diagrame reale Black (trasate pentru  $P(\omega) = \bar{P} = \text{ct.}$ ), d.B. imaginare (trasate pentru  $Q(\omega) = \bar{Q} = \text{ct.}$ ), d.B. de modul (trasate pentru  $H_0(\omega) = \bar{H}_0 = \text{ct.}$ ) și d.B. de fază (trasate pentru  $\alpha(\omega) = \arctg \varphi_0(\omega) = \bar{\alpha} = \text{ct.}$ ). În planul hodografului  $H(s)$  toate d.B. sînt familii de cercuri:

$$\left[ U(\omega) + \frac{1 - 2\bar{P}}{2(1 - \bar{P})} \right]^2 + V^2(\omega) = \frac{1}{4(1 - \bar{P})^2}, \quad \bar{P} \in \mathbb{R}$$

$$[U(\omega) + 1]^2 + \left[ V(\omega) + \frac{1}{2\bar{Q}} \right]^2 = \frac{1}{4\bar{Q}^2}, \quad \bar{Q} \in \mathbb{R}$$

$$\left[ U(\omega) + \frac{\bar{H}_0^2}{\bar{H}_0^2 - 1} \right]^2 + V^2(\omega) = \frac{\bar{H}_0^2}{(\bar{H}_0^2 - 1)^2}, \quad \bar{H}_0 \geq 0$$

$$\left[ U(\omega) + \frac{1}{2} \right]^2 + \left[ V(\omega) - \frac{1}{2\bar{\alpha}} \right]^2 = \frac{\bar{\alpha}^2 + 1}{4\bar{\alpha}^2}, \quad \bar{\alpha} \in \mathbb{R}$$







regulă, codul binar ciclic sau proceduri speciale de dispunere a senzorilor optici  $\rightarrow$  citire în V). Dacă prin alegerea convenabilă a dimensiunilor discului se pot trasa 10 piste se obține o rezoluție de 1 la 1024, ceea ce înseamnă aproximativ  $1/3$  grade.

disc magnetic, element component al unui periferic al sistemelor de prelucrare a informației, utilizat la stocarea de masă a informației. Uneori numele se atribuie, eronat, întregii unități de discuri magnetice, și nu numai suportului magnetic al informației. D.m. se rotesc în jurul unui ax vertical, iar înscriserea și citirea informației se face cu ajutorul unor capete mobile sau fixe. Pentru creșterea volumului de informație memorată, mai multe d.m. se pot monta coaxial, formînd o pilă de discuri. În mod frecvent o asemenea pilă are capacități de memorare de ordinul a 60 Mcuvinte de 8 biți. Variante constructive: d.m. de tip cartuș (cartridge), d.m. de tip flexibil (floppy). ( $\rightarrow$  periferice generale)

discret, atribut atașat noțiunii de  $\rightarrow$  sistem la care mărimile de intrare și de ieșire sînt funcții discrete. O funcție  $f: T \rightarrow \mathbb{R}$  este discretă dacă  $T \subset \mathbb{Z}$ .

discretizare (la sisteme), operație de determinare a unui aproximant discret pentru un sistem continuu. O d. corectă se face numai pe baza soluției sistemului continuu

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) &= Cx(t), \quad t \in T \subset \mathbb{R} \end{aligned}$$

considerînd că

$$u(k) = u(kh) \quad t \in [kh, (k+1)h), \forall k$$

$h$  reprezentînd perioada de d. (fig. D.10), rezultînd discretizatului sistemului continuu:

$$x(t+1) = A^*x(t) + B^*u(t)$$

$$y(t) = C^*x(t)$$

cu

$$t \in \mathbb{Z}$$

$$A^* = e^{Ah}$$

$$B^* = \int_0^h e^{A\theta} d\theta \cdot B$$

$$C^* = C$$

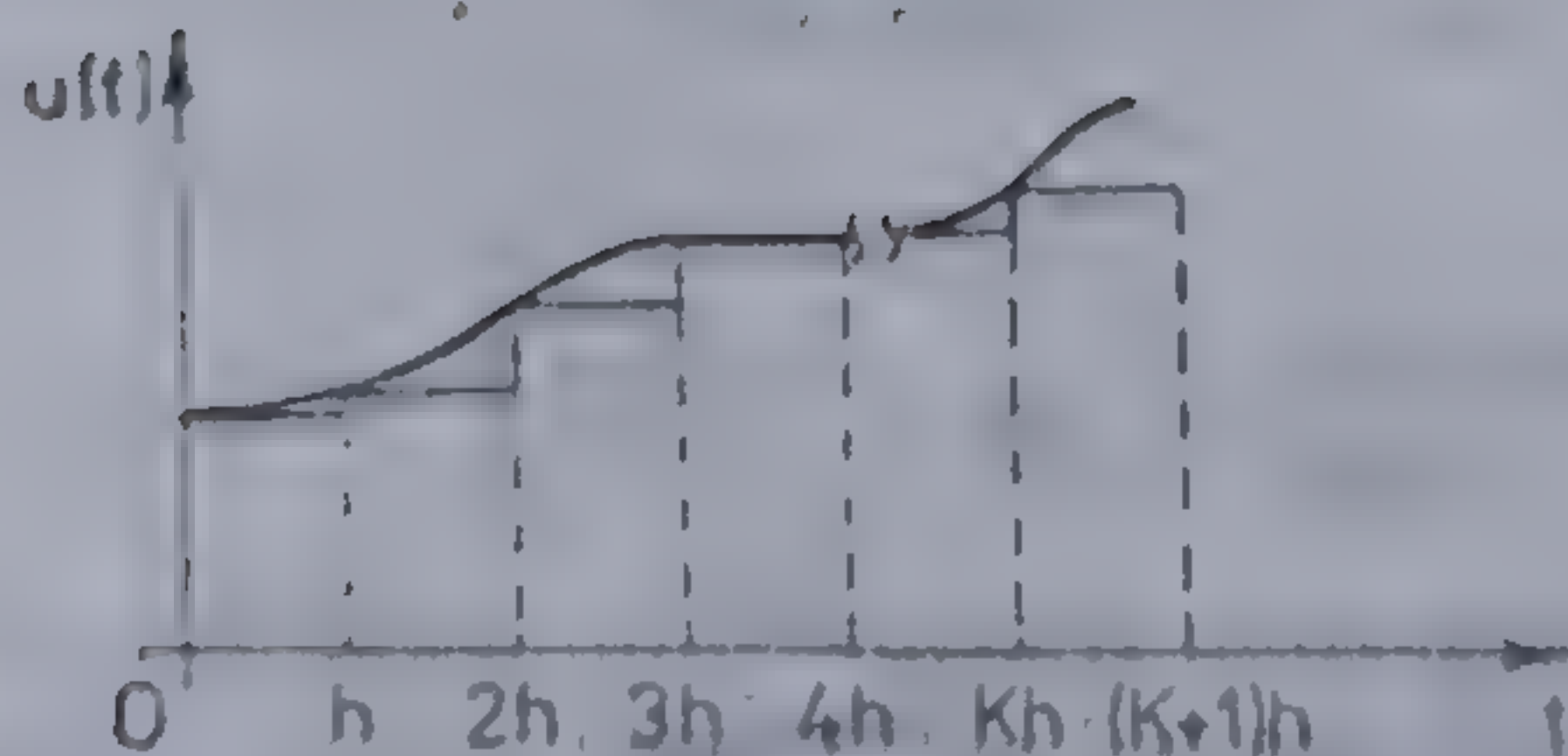


Fig. D.10. Exemplificarea operației de discretizare.

și unde s-a notat formal  $k = kh$ ,  $h$  fiind precizat. Operația este utilă în problemele specifice analizei și sintezei sistemelor dinamice mai ales în ideea con-



construirii sistemelor automate avînd dispozitive numerice de conducere. D. la semnale  $\rightarrow$  cuantizare.

**discriminator**, element al unui sistem automat ce asigură extragerea informației utile dintr-un semnal, utilizînd în acest scop calcule numerice de tipul: comparații, sincronizări, decizii, operații aritmetice, dacă informația este sub formă numerică, sau prelucrări de tipul: filtrări, medieri, neteziri, mixări de frecvențe, dacă semnalele sînt analogice.

**discriminator de frecvență**, dispozitiv ce permite obținerea informației utile pe care o conține un semnal alternativ modulat în frecvență (frecvența purtătoare este foarte stabilă; peste ea se suprapun variații de frecvență  $\pm \Delta f$ ). D. de f. se bazează pe curba de răspuns a unui circuit oscilant (pe purtătoare) pentru frecvențe apropiate de purtătoare (fig. D.11). Amplitudinea semnalului de ieșire din d. de f. depinde de diferența dintre frecvența semnalului modulat și frecvența semnalului de referință.

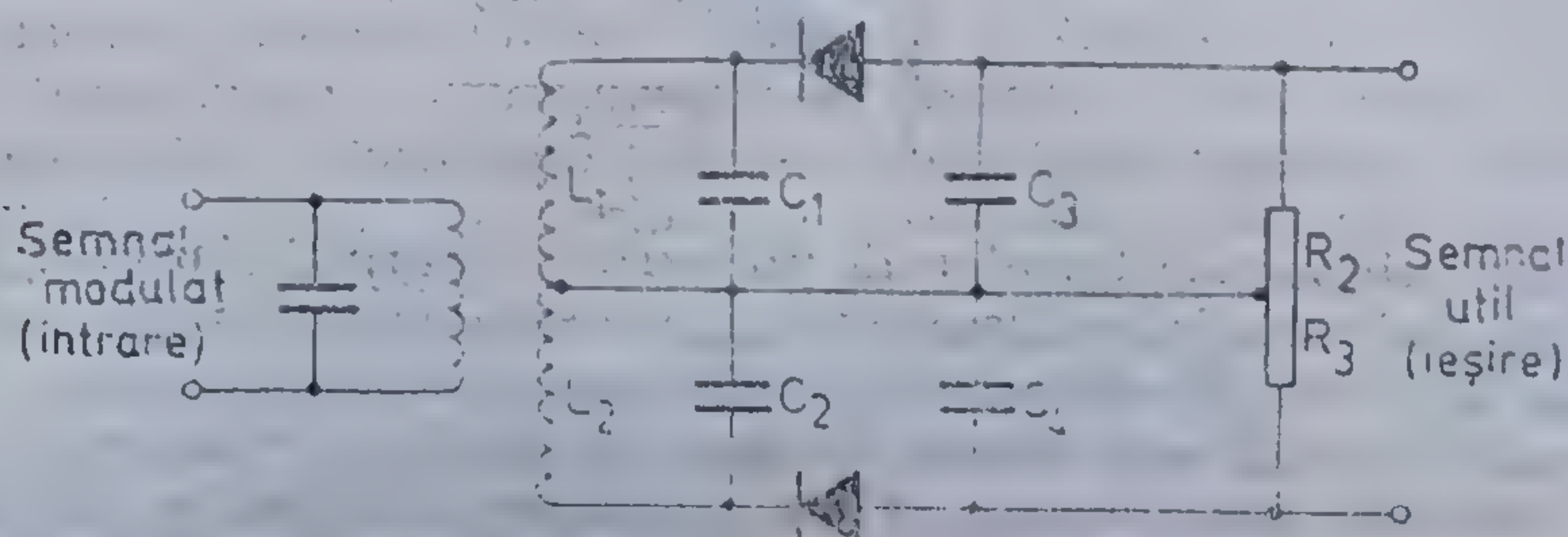


Fig. D.11. Discriminator de frecvență.

**dispecerizarea unui cîmp de sonde de țiței**, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în supravegherea automată și conducerea de la distanță a extracției țițeiului. Întrucît sondele sînt dispersate spațial (aproximativ: 100 de obiecte pe o suprafață de 50 km<sup>2</sup>), soluția de automatizare constă în culegerea de informații de la proces prin traductoare adecvate, furnizarea datelor către un punct dispecer, analiza datelor și generarea comenzilor corespunzătoare de la punctul dispecer către fiecare punct local (sondă). Informațiile de la proces constau în măsurarea în permanență a trei parametri: deplasarea țigii principale, efortul în țigă, curentul rotorice al motorului acționării principale și sesizarea stării normale de funcționare sau a avariei pentru alți câțiva parametri (de ex., temperatura, existența tensiunii de alimentare, ș.a.). Din cei trei parametri, primul se transmite în permanență, însoțit la alegere de unul din ceilalți doi, permițînd ca la punctul dispecer să poată fi ridicată fie caracteristica efort — deplasare (dinamograma), fie curent — deplasare (electrograma). În funcție de caracteristica înregistrată și de semnalizările de avarie/stare normală, dispecerul poate furniza telecomenzi de oprire pornire a motorului unității de pompare. Sondele sînt supravegheate ciclic pe baza unui program de baleiere automată. Oricare stație (post local) poate intra în legătură cu dispecerul pe baza unui apel telefonic (alarmă comună). Volumul relativ redus de date transmise justifică o soluție cu separare în frecvență (curenți purtători), fiecărui semnal binar (telesemnalizare sau telecomandă) fiindu-i atribuită o frecvență în gama 300 — 3 400 Hz; telecomăsurile se transmit în curent continuu pe fire separate. Dacă distanța este prea mare, costul cablurilor devenind prea ridicat, se poate utiliza o soluție cu separare în timp, la care toate informațiile se transmit în cod, valorile binare 0 sau 1 fiind la rîndul lor modulate în frecvență.



dispersie. → abaterea medie pătratică în raport cu valoarea medie. Pentru procese aleatoare gaussiene de valoare medie nulă d.  $\sigma$  (denumită uneori și de viație standard) constituie unicul parametru prin care se definește funcția de repartiție a densității de probabilitate:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

D. se utilizează în aprecierea calității măsurărilor, fiind principalul indicator prin care se caracterizează erorile aleatoare. Considerind un șir de  $n$  măsurări de rezultate  $V_1, V_2, \dots, V_n$  a căror valoare medie este  $m_v$ , pentru  $n$  suficient de mare ( $n \geq 20$ ) se obține o estimatie consistentă  $\hat{\sigma}$  a d. utilizând formula

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - m_v)^2}{n - 1}}$$

display, periferic al sistemelor de prelucrarea informației utilizat la afișarea de informații. Informația se afișează pe tuburi catodice (alb-negru sau color) și poate avea o formă *alfanumerică* (numai caractere alfanumerice afișate în puncte bine determinate ale ecranului), *semigrafică* (la caracterele alfanumerice se adaugă caractere speciale care, printr-o combinație ingenioasă, pot fi utilizate la crearea de imagini grafice, chiar dacă și aceste caractere sînt afișate tot în puncte bine determinate ale ecranului) sau *grafică* (pe ecran pot fi generate atît caractere alfanumerice, cît și orice altă imagine). Dintre principalele caracteristici ale d. se menționează: numărul de linii, numărul de caractere pe linie, timpul de schimbare completă a unei imagini, numărul de culori, numărul de nuanțe (→ periferice generale). În majoritatea cazurilor d. sînt prevăzute cu tastatură pentru introducerea de date sau comenzi de către operator

dispozitiv de comandă pe grilă, (deg), ansamblu de circuite electrice și electronice ce se constituie într-un bloc de comandă a tensiunii de grilă a unui → redresor comandat. Într-o schemă de reglare, deg este situat între regulator (R) și redresoarele comandate (fig. D. 12). Rolul deg este acela de a converti ten-

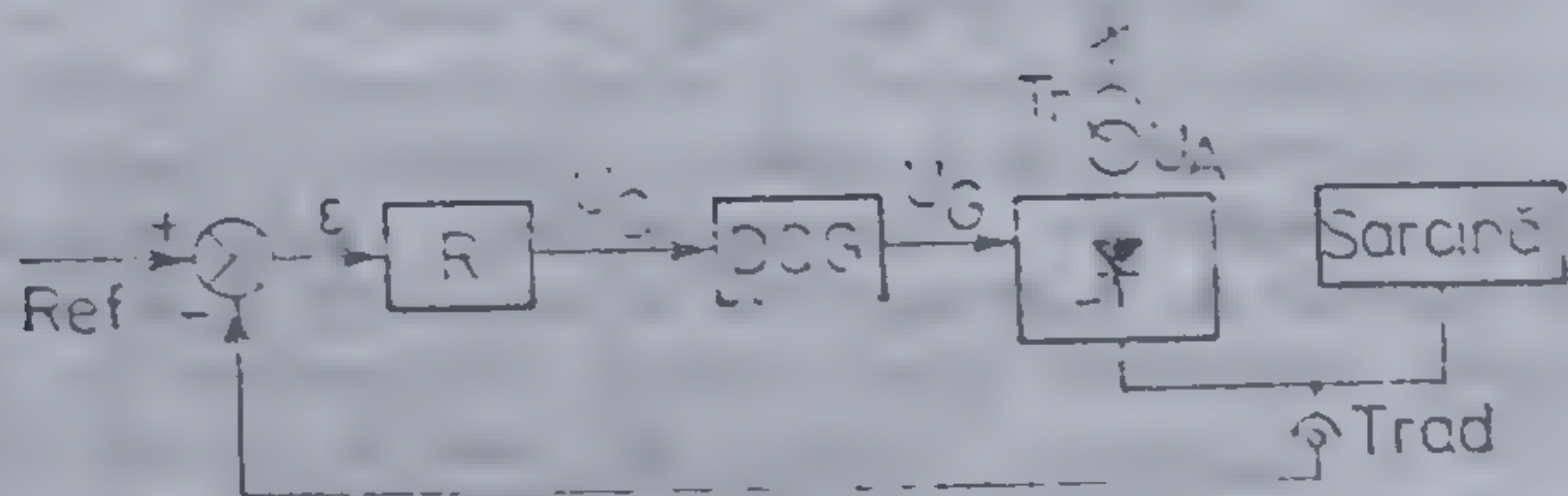


Fig. D.12. Sistem de reglare cu dispozitiv de comandă pe grilă.

siunea continuă  $u_c$  furnizată de regulator într-o succesiune de impulsuri  $u_G$ , al căror defazaj este funcție de tensiunea continuă de intrare. Deg asigură: o variație (de obicei linară) a defazajului impulsului între  $0 - 180^\circ$ , funcție de tensiunea continuă aplicată, blocarea impulsurilor de comandă (de ex., în cazul unui scurtcircuit în circuitul principal), separarea galvanică a circuitelor de reglare de electrozii de comandă ai tiristoarelor. Pentru obținerea impulsurilor



de comandă, se poate utiliza principiul comparației pe verticală, care constă în compararea tensiunii continue de comandă  $u_C$  cu o tensiune alternativă de referință  $u_R$  sincronă cu tensiunea anodică  $u_A$  de alimentare a redresorului comandat.

**dispozitiv de comutație**, element electric sau fluidic care permite stabilirea sau întreruperea unui circuit sau a unei căi de trecere a curentului sau a aerului comprimat. **D.de.c.** pot fi cu sau fără piese în mișcare. În primul caz ele sînt realizate cu relee și contactoare, robinete, ventile, distribuitoare, iar în al doilea caz cu tuburi electronice, tranzistoare, diode, elemente fluidice cu atașarea jetului, cu turbulență etc. **D.de.c.** sînt caracterizate printr-o comportare binară, prin aceea că oferă doar două stări distincte și opuse din punctul de vedere al variației parametrului asociat (de ex., închiderea sau deschiderea contactelor releului, prezența sau absența unui curent, nivel înalt sau redus de tensiune, de presiune etc.).

**dispozitiv de comutație statică**, dispozitiv de comutație fără piese în mișcare cu elemente *electrice* sau *fluidice*. **D.de.c.s.** electrice pot fi electronice, ionice, semiconductoare, magnetice. La **d.de.c.s.** schimbarea stării se face prin schimbarea discontinuă a valorii unui parametru electric: tensiune sau curent. În cazul tensiunii electrice, se atribuie convențional valoarea logică 0 unui nivel de tensiune (de ex., 0 V) și valoarea logică 1 altui nivel, net distinct față de primul (de ex., +5 V, +24 V). **D.de.c.s.** tranzistorizate se bazează pe funcționarea tranzistoarelor în regimurile „blocat” și „saturat”. **D.de.c.s.** fluidice se bazează pe unele proprietăți ale curgerii fluidelor de ex., atașarea jeturilor (efect Coandă), principiul turbulenței, ș.a. **D.de.c.s.** oferă o serie de avantaje în raport cu dispozitivele de comutație cu piese în mișcare: timp de comutație scurt, consum de energie redus, căldură disipată mică, miniaturizare. Din aceste motive sînt utilizate în scheme de reglare numerică, în tehnica de calcul.

**distanță de cod (Hamming)**, funcție caracteristică a unui cod uniform de a satisface postulatele unui spațiu metric în spațiul  $n$ -dimensional al cuvintelor. Considerînd două cuvinte de cod  $v_i = (a_{i1}, \dots, a_{in})$ ,  $v_j = (a_{j1}, \dots, a_{jn})$ , distanța Hamming se calculează cu relația

$$D(v_i, v_j) = \sum_{k=1}^n (a_{ik} \oplus a_{jk}),$$

unde  $\oplus$  reprezintă suma modulo 2 în corpul finit cu două elemente. Distanța Hamming dă o indicație asupra capacității unui cod de a detecta sau corecta erori. Condiția ca un cod să detecteze erori este ca distanța minimă de cod să fie  $D_{min} = e + 1$ , condiția ca să corecteze  $e$  erori este  $D_{min} = 2e + 1$ , iar condiția ca să detecteze  $e_1$  erori și să corecteze  $e_2$  erori este  $D_{min} = e_1 + e_2 + 1$ , cu  $e_1 > e_2$ .

**distorsiune**, efect perturbator întîlnit în procesul de transmitere a informației pe canale de comunicație ce alterează semnalul util de pe canal. **D.** pot fi reversibile dacă pot fi eliminate trecînd semnalul printr-o rețea de corecție (de ex., distorsiuni de fază, de frecvență, de amplitudine, sau orice distorsiune după o lege cunoscută), sau ireversibilă dacă sînt provocate de o transformare neliniară ce nu admite o transformare inversă, și ca atare nu pot fi eliminate prin corecție.

**distributor**, amplificator de putere hidraulic cu sertar, utilizat pentru comanda motoarelor hidraulice. **D.** pot fi cu 2, 3 și 4 căi (fig. D.13). **D.** cu două



și trei căi sînt utilizate pentru comanda elementelor de execuție proporționale cu simplu efect. Mărimea de intrare pentru pilotarea pistonului poate fi generată de un preamplificator hidraulic (ajutaj-paletă, tub mobil), cînd d. este hidraulic, de un regulator electronic, cînd d. este electrohidraulic, sau de orice alt semnal furnizat de un element de decizie.

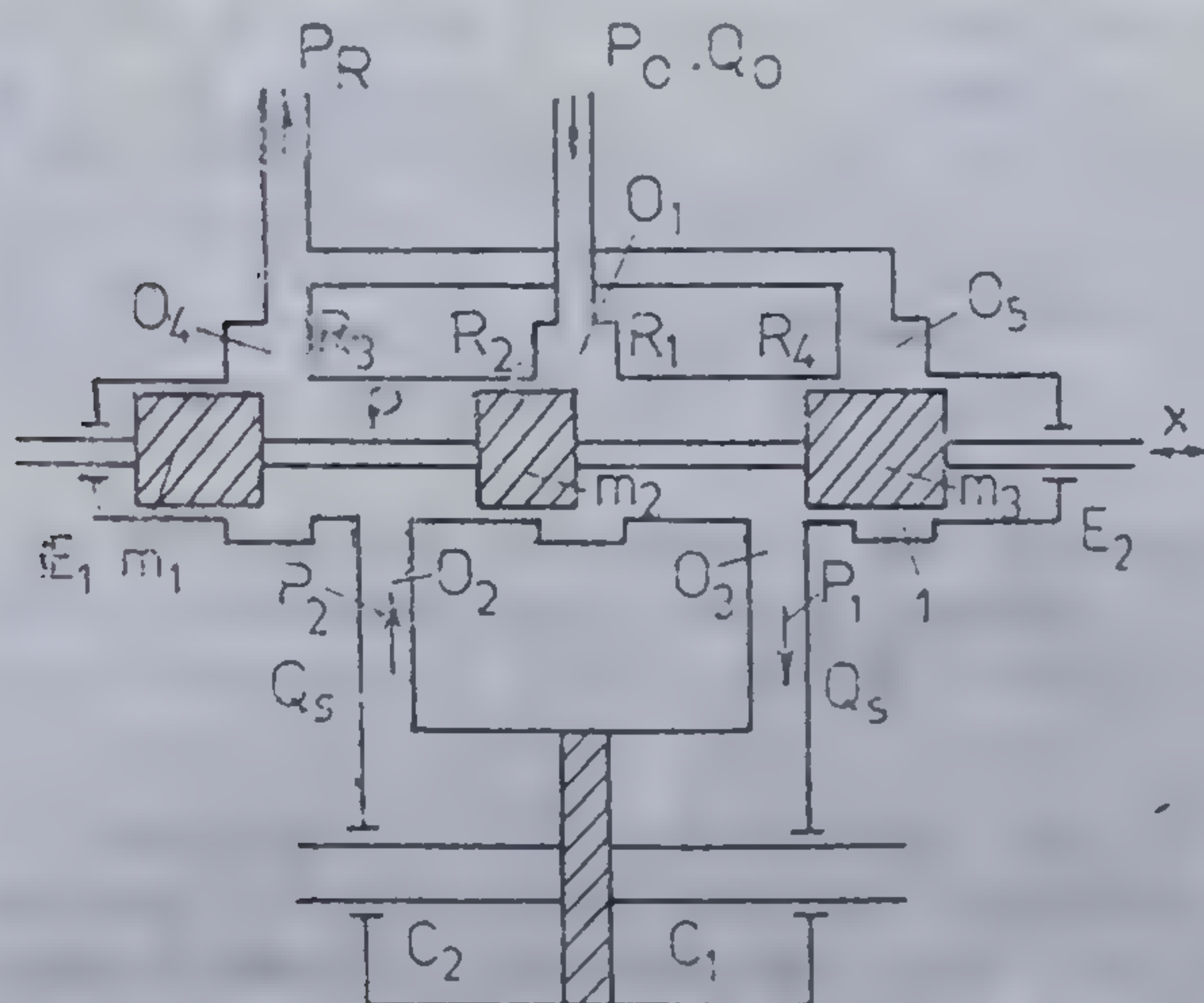


Fig. D.13. Distribuitor hidraulic.

**distribuție**, generalizare a noțiunii clasice de funcție, ce permite exprimarea într-o formă matematică a unor noțiuni idealizate cum ar fi: densitatea unui punct material, densitatea unei sarcini sau a unui dipol punctual, intensitatea unei surse punctuale instantanee, presiunea datorată unei forțe aplicate într-un punct etc. Pentru definirea noțiunii de d. sînt necesare următoarele noțiuni: mulțimea funcțiilor de probă  $\mathfrak{D} = \mathfrak{D}(\mathbb{R}^n)$  este formată din funcțiile indefinit derivabile, cu suport compact în  $\mathbb{R}^n$ ; pentru o funcție  $\varphi: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{C}$  se notează cu  $z_\varphi = \text{int } \{x \in \mathbb{R}^n | \varphi(x) \neq 0\}$  interiorul mulțimii de anulare a lui  $\varphi$ ;  $\text{supp } \varphi = \{x \in \mathbb{R}^n | \varphi(x) \neq 0\} = C(z_\varphi)$  suportul lui  $\varphi$  care este deci complementara celui mai mare deschis pe care  $\varphi$  se anulează; dacă  $\text{supp } \varphi$  este mărginită atunci  $\varphi$  se zice cu suport mărginit (sau compact); în  $\mathfrak{D}$  se definește convergența astfel: șirul de funcții  $\varphi_1, \varphi_2, \dots$  din  $\mathfrak{D}$  converge către  $\varphi$  din  $\mathfrak{D}$  dacă: a) există un număr  $R > 0$  așa încît  $\text{supp } \varphi_k \subset \bar{U}_R$ ; b) pentru orice  $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$

$$D^\alpha \varphi_k(x) \xrightarrow{x \in \mathbb{R}^n} D^\alpha \varphi(x), \quad k \rightarrow \infty$$

unde  $D^\alpha$  reprezintă operatorul de derivare, caz în care se notează  $\varphi_k \rightarrow \varphi$ ,  $k \rightarrow \infty$  în  $\mathfrak{D}$ . Mulțimea liniară  $\mathfrak{D}$  cu convergența introdusă anterior se numește spațiul  $\mathfrak{D}$  al funcțiilor de probă. Se numește funcțională liniară pe spațiul  $\mathfrak{D}$ , operatorul liniar care aplică pe  $\mathfrak{D}$  în mulțimea numerelor complexe. Valoarea funcționalei  $l$  pe elementul  $f$  va fi notată cu  $(l, f)$ ; o funcțională  $l$  este continuă dacă  $f_k \rightarrow 0, k \rightarrow \infty$  în  $\mathfrak{D}$  implică convergența spre zero a șirului de numere complexe  $(l, f_k) \rightarrow 0, k \rightarrow \infty$ . Se numește d. orice funcțională liniară continuă pe spațiul funcțiilor de probă  $\mathfrak{D}$  și valoarea d.  $f$  pe funcția de probă  $\varphi$  va fi notată  $(f, \varphi)$ . Se notează formal d. cu  $f(x)$ , unde  $x$  reprezintă argumentul funcției de probă asupra căreia acționează funcționala  $f$ . Ca urmare:



a)  $d. f$  este o funcțională pe  $\mathcal{D}$ : fiecărei funcții de probă  $\varphi \in \mathcal{D}$  îi asociază numărul (complex)  $(f, \varphi)$ ; b)  $d. f$  este funcțională liniară pe  $\mathcal{D}$  dacă  $\varphi, \psi \in \mathcal{D}$  iar  $\lambda, \mu \in \mathbb{C}$  atunci

$$(f, \lambda\varphi + \mu\psi) = \lambda(f, \varphi) + \mu(f, \psi)$$

c)  $d. f$  este o funcțională continuă pe  $\mathcal{D}$  dacă din  $\varphi_k \rightarrow 0, k \rightarrow \infty$  în  $\mathcal{D}$ , rezultă  $(f, \varphi_k) \rightarrow 0, k \rightarrow \infty$ . Se notează cu  $\mathcal{D}'$  mulțimea  $d.$  În  $\mathcal{D}'$  se definește convergența, ca o convergență slabă a șirului de funcționale: șirul de  $d. f_1, f_2, \dots$  din  $\mathcal{D}'$  converge către  $d. f \in \mathcal{D}'$  dacă  $\forall \varphi \in \mathcal{D}, (f_k, \varphi) \rightarrow (f, \varphi), k \rightarrow \infty$  și se notează  $f_k \rightarrow f, k \rightarrow \infty$  în  $\mathcal{D}'$ . Spațiul liniar  $\mathcal{D}'$  cu convergența definită anterior se numește *spațiul de  $d.$   $\mathcal{D}'$* . Se numesc *d. regulate* acele  $d.$  generate de funcții local integrabile (în sens Lebesgue) în  $\mathbb{R}^n$  prin relația

$$(f, \varphi) = \int_{\mathbb{R}^n} f(x) \varphi(x) dx, \varphi \in \mathcal{D}$$

unde  $f(x)$  este local integrabilă pe  $\mathbb{R}^n$ . O  $d.$  care nu este regulată se numește *d. singulară*.

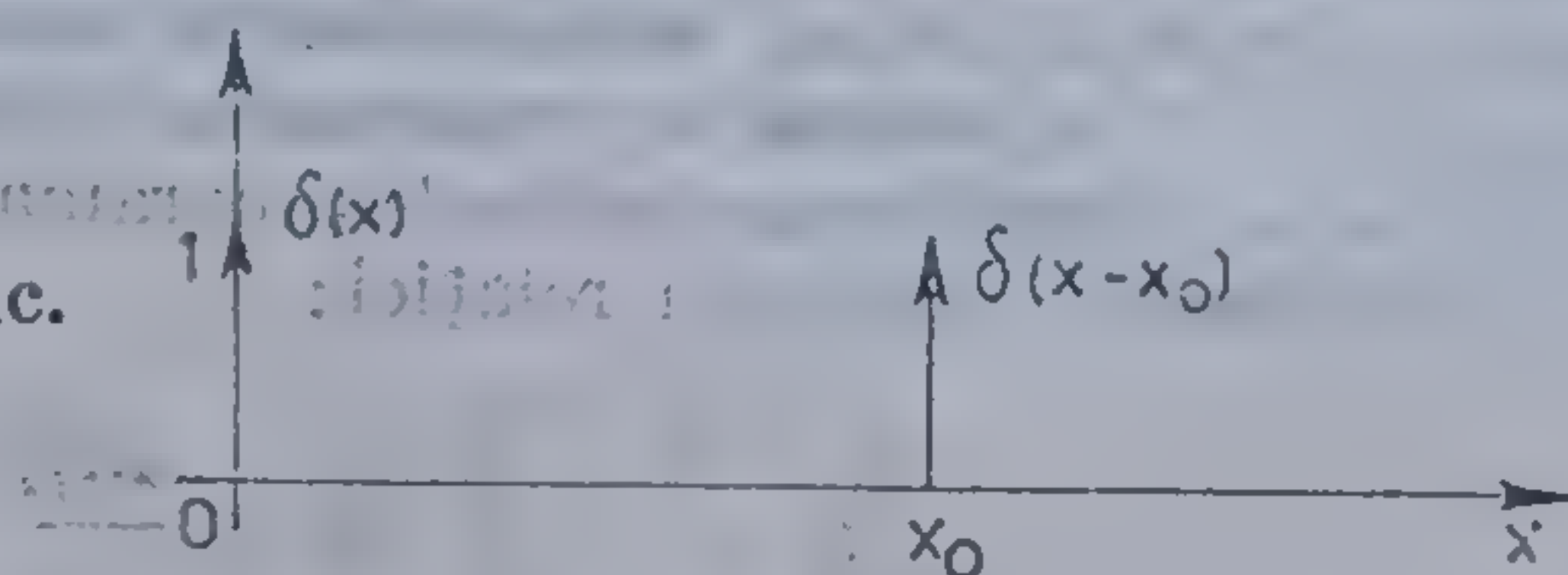
**distribuție Dirac** ( $\rightarrow$  funcție Dirac), cazul cel mai simplu de distribuție singulară,

$$(\delta, \varphi) = \varphi(0), \varphi \in \mathcal{D}$$

și evident că  $\delta \in \mathcal{D}'$ ,  $\delta(x) = 0, x \neq 0$  astfel că  $\text{supp } \delta = \{0\}$ . Reprezentarea uzuală a distribuției  $\varphi$  este dată în fig. D.14. Dacă  $1(x)$  este funcția treaptă unitară, utilizând derivarea distribuțiilor se deduce că

$$[1(x)]' = \delta(x)$$

Fig. D.14. Distribuție Dirac.



Se remarcă în final că în teoria sistemelor, variabila independentă este timpul  $t$ , deci  $d.D.$  va fi  $\delta(t)$ .

#### divizibilitatea automatelor $\rightarrow$ simularea automatelor

**divizor**, dispozitiv de calcul analogic sau numeric care efectuează împărțirea a două semnale și furnizează la ieșire citul lor, în aceeași reprezentare ca operanzii de intrare. **D. analogic** este un dispozitiv electronic de calcul care realizează împărțirea a două semnale analogice aflate într-o anumită gamă de variație. Împărțirea a două tensiuni se realizează plasând un element multiplicator în reacția unui amplificator operațional (fig. D.15). **D. analogic** se realizează sub formă de circuite integrate hibride. **D. numeric** este un element de calcul aritmetic care realizează împărțirea a doi operanzi exprimați în formă numerică, furnizând la ieșirea rezultatul împărțirii tot sub formă numerică. **D. numeric** se realizează în două variante de bază (secvențiale): a) prin secvență de operații de scădere, test și deplasare controlată software, de o unitate arit-



## DIVIZOR DE FRECVENȚĂ

metie-logică, aceeași care realizează și celelalte operații aritmetice; b) hardware, utilizând circuite specializate integrate pe scară medie, care asigură o secvență de deplasări și scăderi ale împărțitorului din delimpărțit, condiționate

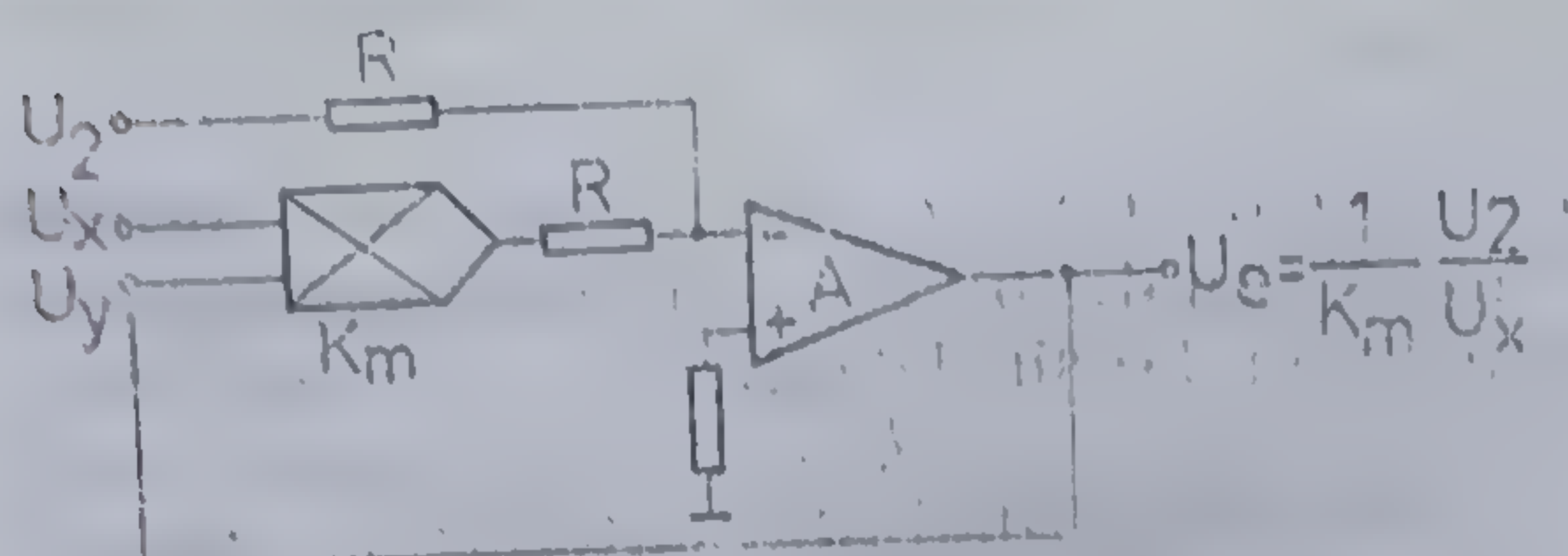


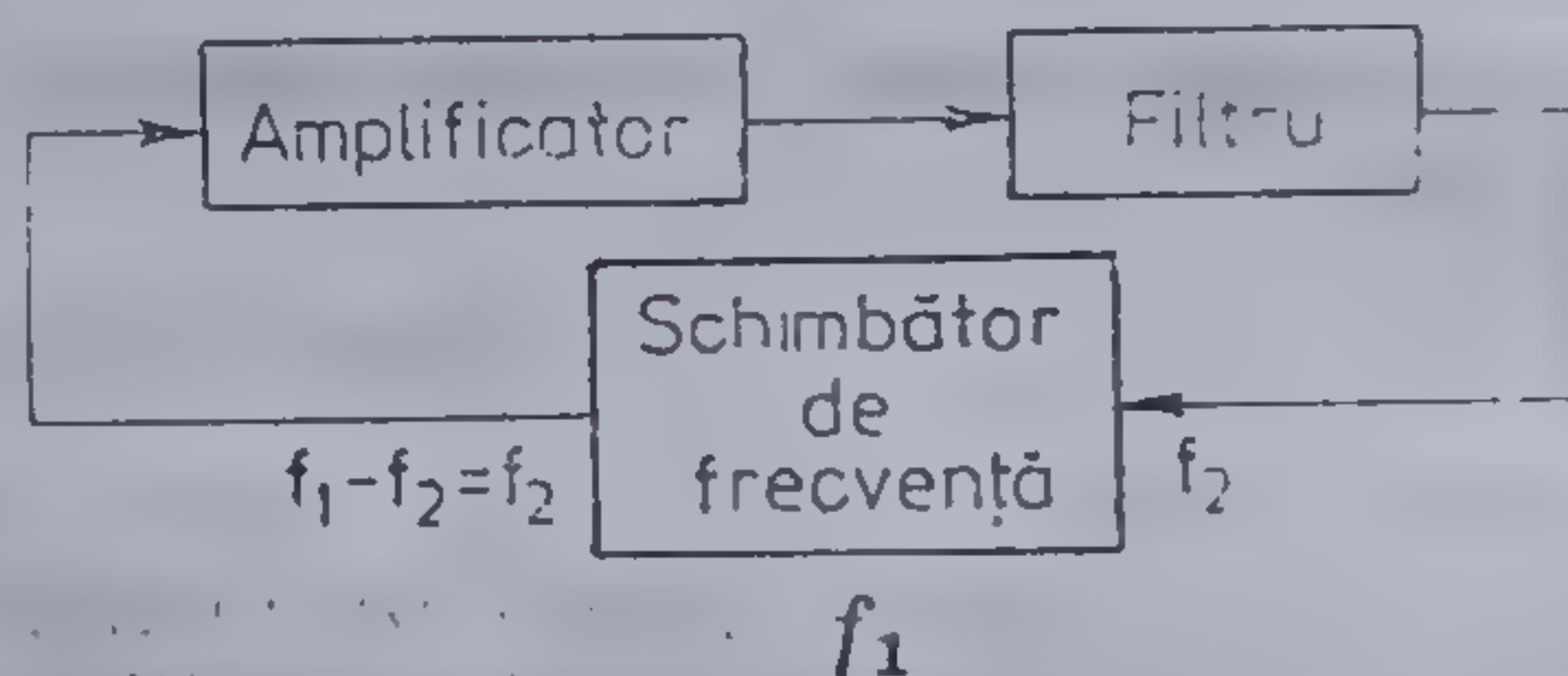
Fig. D.15. Divizor analogic.

de apariția unui împrumut. Această tehnică face necesară prezența unui circuit comparator, sau o scădere de probă urmată când este necesar, de o adunare, pentru a o anula (metoda cu refacere) sau necesită o secvență de comandă mai complicată alternând între scăderi și adunări (metoda fără refacere).

divizor de frecvență, dispozitiv electronic care divide frecvența semnalului periodic aplicat la intrare. **D.def.** sinusoidale utilizează schimbătoare de frecvență, conform schemei din fig. D.16. La intrările schimbătorului de frecvență

Fig. D.16. Divizor analogic de frecvență, cu 2:

$$f_2 = \frac{1}{2} f_1$$



se aplică două oscilații de frecvențe  $f_1$ ,  $f_2$ , și la ieșirea sa se obține un semnal sinusoidal de frecvență egală cu  $\pm m f_1 \pm n f_2$ , unde  $m$  și  $n \in \mathbb{N}$ . **D.de f.** se construiesc comod în tehnica numerică cu numărătoare modulo  $n$ , unde  $n$  este raportul dintre frecvența semnalului de intrare și cea a semnalului de ieșire, cu registre de deplasare în inel, sau cu circuite de tip monostabil. **D.de f.** construite cu numărătoare zecimale programabile, sincrone, realizate cu circuite MSI, funcționează conform relației:

$$f_E = \frac{M f_I}{10}$$

unde  $M = D2^3 + C2^2 + B2^1 + A2^0$ ,  $f_E$  și  $f_I$  fiind, respectiv, frecvența de ieșire și cea de intrare (max. 32 MHz), iar  $M$  numărul zecimal ( $M \in 0 \dots 9$ ) cu care se execută divizarea,  $M$  fiind furnizat divizorului de frecvență numerică un cod pe 4 linii (fig. D.17).

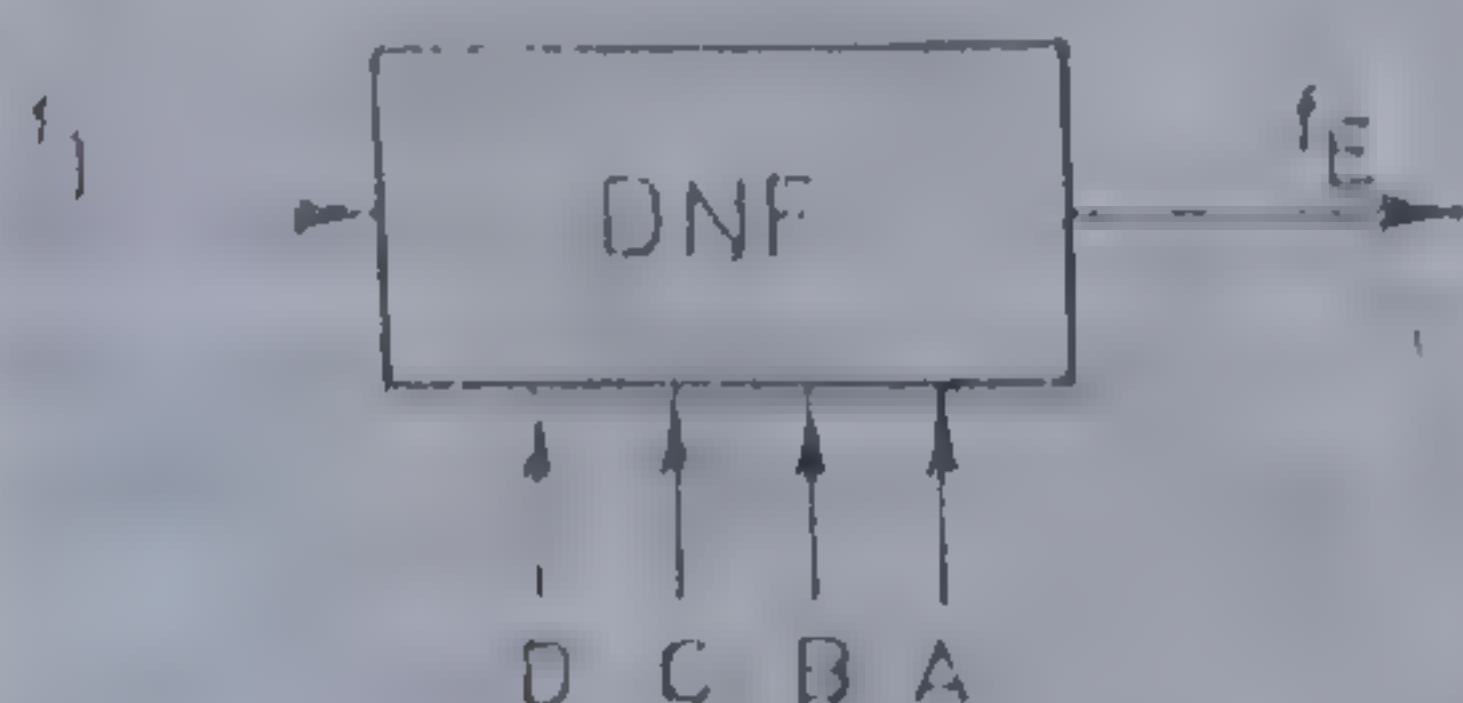


Fig. D.17. Divizor numeric de frecvență.

dozator, organ de reglare pentru debitele de material solid (de ex., cele utilizate la: prepararea cimentului, a betonului, alimentarea cazanelor de abur având drept combustibil cărbune pulverizat sau brut, la crearea amestecurilor



pentru sîrmă, electrozi de sudură etc.). Cele mai frecvent folosite d. pentru materiale solide sînt: d. cu bandă, d. cu șurub melc și d. cu raclete. Caracteristicile statice ale d. depind de proprietățile materialelor (masa specifică, umiditate etc.), ce se pot modifica în timp. La caracteristica dinamică a d. apare un timp mort, valoarea acestuia fiind dată de viteza benzii sau a șurubului melc, cît și de

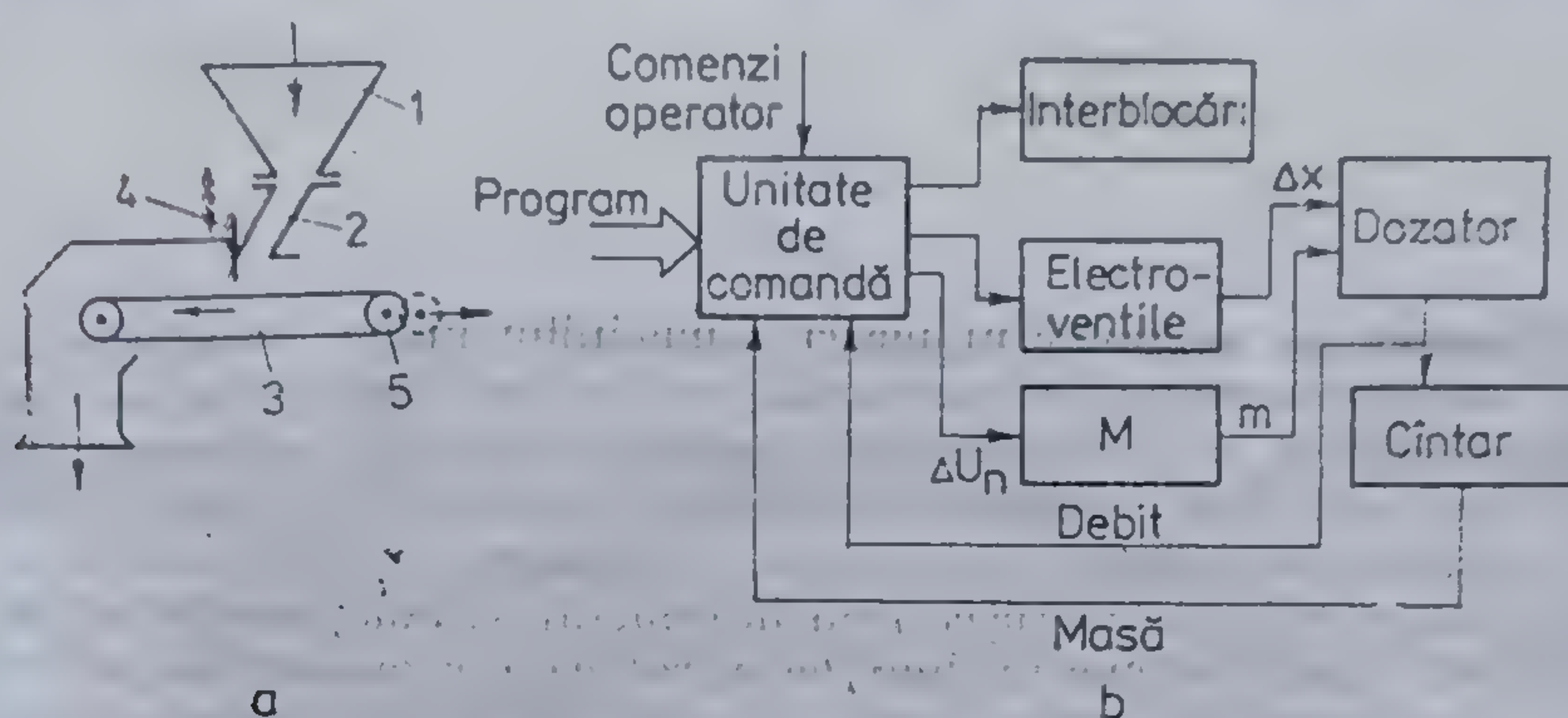


Fig. D.18: Dozator cu bandă.

dimensiunile acestora. Un exemplu de d. cu bandă este prezentat în fig. D.18. Materialul solid, sub formă granulată, depozitat în buncărul 1 trece prin canalul 2 pe banda în mișcare 3, de unde este transportat spre instalația următoare, care poate fi o moară, un concasor etc. Cantitatea de material transportat poate fi reglată prin variația înălțimii stratului modificînd corespunzător poziția clapetei 4 ( $\Delta x$ ), sau prin variația vitezei benzii transportoare ( $\Delta U_n$ ), prin comanda respectiv a unor electroventile *EV*, sau a unui motor de curent continuu (*M*). Reglarea debitului de material la d. cu bandă se realizează frecvent în tehnica numerică. În fig. D.18, *b* este prezentat un sistem de reglare a debitului de material pentru un d. cu bandă. D. cu șurub melc se utilizează atunci cînd materialul solid ce trebuie reglat se prezintă sub formă de praf (fig. D.19).

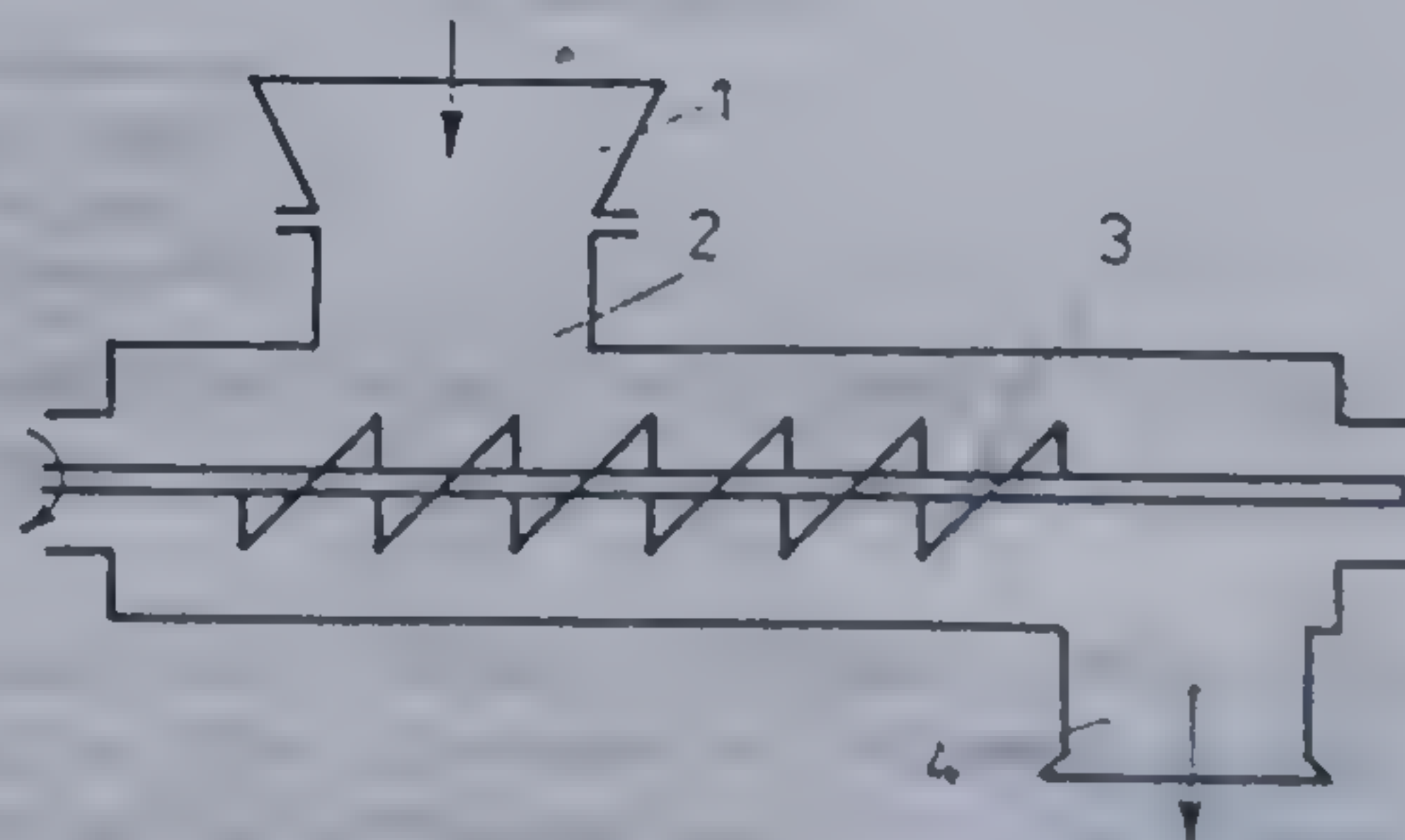


Fig. D.19, Dozator cu șurub melc.

drum (într-un graf), mulțime a arcelor dintr-un graf, care face legătura între două noduri ale grafului.



# E

**echipament de comandă numerică a mașinilor unelte, ansamblu de blocuri** pentru conducerea prelucrării pe mașini-unelte care folosește date alfanumerice codificate adecvat și dă comenzile necesare deplasării organelor mobile pe diferite axe, asigurând o anumită traiectorie a punctului de interacțiune sculă-piesă și o anumită precizie de execuție. Echipamentul de comandă numerică primește informații de la proces prin intermediul traductoarelor de deplasare. O structură tipică conține un bloc de introducere a datelor (asigură transformarea în cod mașină a datelor inițiale), un bloc de calcul (generează comenzile de deplasare), un bloc de comandă a elementelor de execuție, un bloc de măsură (asigură aducerea informațiilor din proces la o formă accesibilă blocului de calcul) și, opțional, un bloc de afișare și semnalizare generală (fig. E.1). Introducerea datelor se poate efectua manual, prin tastatură, sau automat, suportul cel mai frecvent utilizat fiind banda perforată (coduri uzuale pentru date:

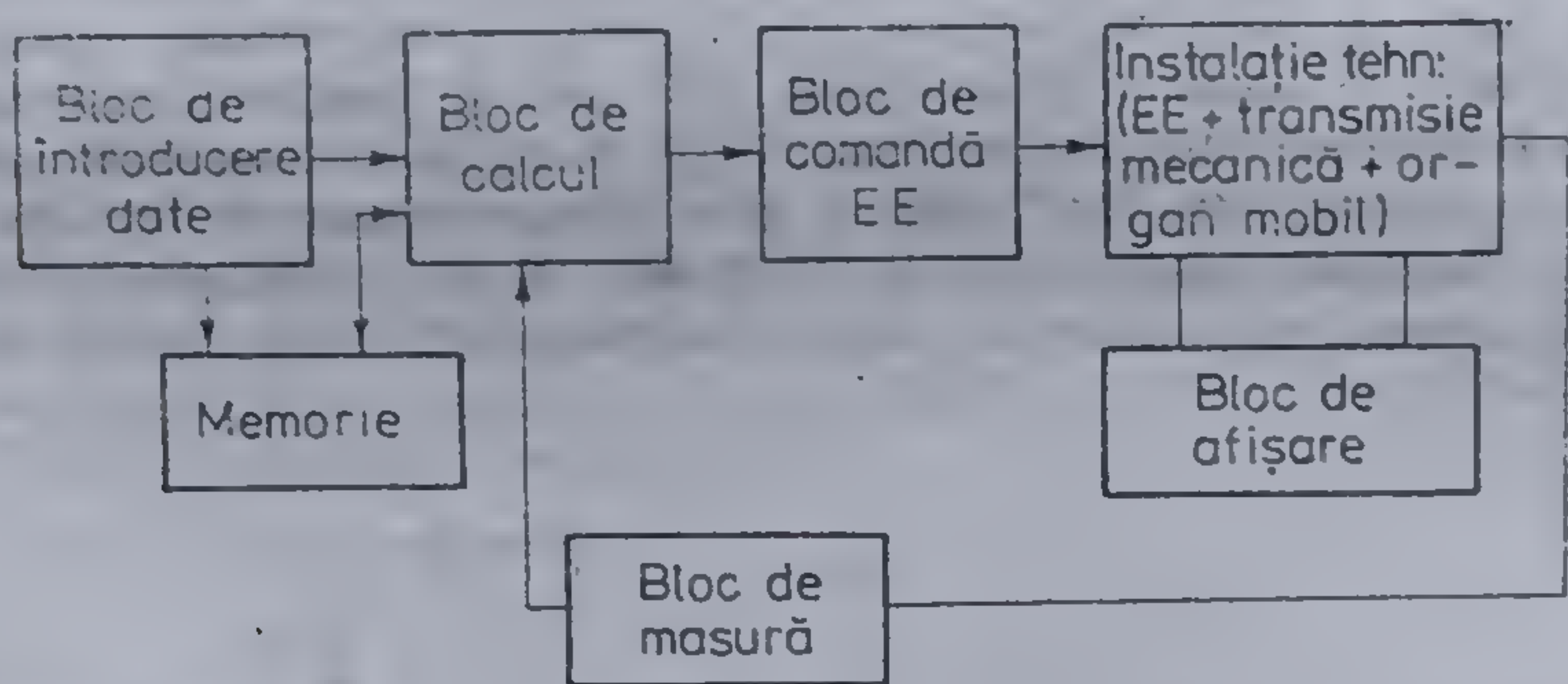


Fig. E.1. Schema bloc a unui echipament de comandă numerică a mașinilor-unelte.

ISO, EIA). Blocul de calcul constituie partea cea mai versatilă din structura echipamentului de comandă, atât în funcție de comenzile care urmează a fi executate, cât și de modalitatea de implementare (hardware specializat sau structură de mini sau microcalculator). Principalele funcții executate de blocul de calcul sunt interpolare linară și circulară, selecția vitezei de lucru, comanda de încetinire a vitezei la oprire, calculul corecțiilor. Blocul de comandă a elementelor de execuție furnizează semnale necesare pentru acționarea reglabilă, cele mai frecvente elemente de execuție la mașini-unelte fiind motoare electrice de curent continuu, motoare electrice sau electrohidraulice pas cu pas, motoare hidraulice liniare sau rotative. Blocul de măsură prelucrează semnale de la traductoare de deplasare, cele mai utilizate în comanda numerică a mașinilor-



ailor-unelte fiind: seksine, inductosyne, traductoare numerice absolute sau incrementale.

**echivalența algebrică a sistemelor liniare.** două sisteme  $S_1 = (A_1, B_1, C_1)$   $S_2 = (A_2, B_2, C_2)$  sunt echivalente algebric dacă și numai dacă există o matrice nesingulară  $T$ , definind o transformare de coordonate  $x_2 = Tx_1$ , astfel încît

$$A_2 = TA_1T^{-1}$$

$$B_2 = TB_1$$

$$C_2 = C_1T^{-1}$$

E.a. a s.l. implică  $\rightarrow$  echivalența intrare-ieșire, reciproca nefiind în general adevărată,  $\rightarrow$  sistem dinamic.

**echivalența automatelor finite,** proprietate a automatelor finite de a avea  $\rightarrow$  stări echivalente.

**echivalența intrare-ieșire,** două sisteme liniare  $S_1 = (A_1, B_1, C_1)$ ,  $S_2 = (A_2, B_2, C_2)$  sînt echivalente intrare-ieșire, dacă au aceleași  $\rightarrow$  matrici de transfer intrare-ieșire, deci dacă:

$$C_1(sI_1 - A_1)^{-1}B_1 = T_1(s) = T_2(s) = C_2(sI_2 - A_2)^{-1}B_2$$

**echivalența de scheme funcționale,** două scheme funcționale, corespunzînd la două sisteme, sînt echivalente dacă sistemele sînt  $\rightarrow$  echivalente intrare-ieșire.

**echivocație,** entropie condițională care reprezintă valoarea medie a incertitudinii asupra cîmpului de la intrare  $X$  cînd se cunoaște cîmpul de la ieșire  $Y$ . ( $\rightarrow$  entropie)

$$H(X/Y) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(x_i, y_j) \lg p(x_i/y_j)$$

**ecuație caracteristică,** a unui sistem liniar, invariant,  $(A, B, C)$ ,

$$\chi(s) = \det [sI - A] = 0$$

dacă sistemul este continuu, respectiv

$$\chi(z) = \det [zI - A] = 0$$

dacă sistemul este discret. Rădăcinile e.e. constituie valorile proprii ale matricii  $A$  și determină, în principal, răspunsul în timp al sistemului.

**ecuație de dinamică,** model matematic abstract al unui proces, reprezentat ca sistem; ca urmare e.d. permite determinarea evoluției  $\rightarrow$  mărimii de ieșire  $y(t): t \geq t_0$ , cînd  $\rightarrow$  mărimea de intrare este cunoscută ( $u = \omega(t)$ ) și, de asemenea, se cunosc  $\rightarrow$  condițiile inițiale ale sistemului. E.d. sînt ecuații diferențiale, specifice pentru diverse clase de sisteme și anume: a) ecuații diferențiale ordinare pentru  $\rightarrow$  sisteme dinamice cu parametri concentrați; b) ecuații cu derivate parțiale în cazul  $\rightarrow$  sistemelor cu parametri distribuiți; c) ecuații diferențiale liniare pentru sisteme dinamice liniare, cu parametri concentrați, și anume, cu coeficienți constanți sau funcții de timp după cum sistemul este invariant sau variant; d) ecuații diferențiale neliniare pentru sisteme dinamice neliniare cu parametri concentrați; variabila  $t$  apare explicit în cazul sistemelor variante.







de tip EVc și EVd: presiunea de lucru :4—6 bar ( $\pm 10\%$ ); tensiunea nominală: 42, 48, 110, 180 V<sub>c.c.</sub> ( $\pm 10\%$ ), puterea absorbită: max. 40 W.

element de acționare, bloc component al unui element de execuție, reprezentând partea sa motoare. E.de a. reprezintă dispozitivul generator de cuplu sau de forță prin care elementul de execuție acționează asupra organului de reglare. Aceste cupluri sau forțe sînt generate de e. de a. prin utilizarea energiei preluate de la surse exterioare dispozitivului de automatizare, energie comandată de mărimea  $u$  de la ieșirea regulatorului. După natura energiei utilizate, e.de a. sînt constituite din servomotoare electrice, hidraulice sau pneumatice.

element de anticipare, sistem dinamic elementar, nerealizabil fizic, caracterizat de faptul că faza sa este pozitivă în tot domeniul de pulsații ( $\omega \geq 0$ ). E.de a. apar însă în cadrul funcțiilor de transfer fizic realizabile (corespunzînd factorizării, cu coeficienți reali, a numărătorului, deci o factorizare după zerouri) sau reprezintă o aproximare, într-un domeniu de frecvență limitat, a unor sisteme fizic realizabile. În contextul funcțiilor de transfer raționale cu coeficienți reali  $H(s) \in \mathbb{R}(s)$  se evidențiază următoarele e.de a.:  $\rightarrow$  element derivativ,  $\rightarrow$  element de anticipare de ordin 1,  $\rightarrow$  element de anticipare de ordin 2. Deoarece aceste elemente nu sînt fizic realizabile nu are sens determinarea răspunsului lor; putînd să apară în contextul unui sistem fizic realizabil, studiul caracteristicilor de frecvență ale e.de a. este util pentru determinarea comportării în frecvență ( $\rightarrow$  caracteristicile logaritmice) a respectivului sistem.

element de anticipare de ordin 1, sistem dinamic elementar descris de funcția de transfer cu un zero real:

$$H(s) = 1 + bTs, \quad T > 0$$

unde  $T$  este  $\rightarrow$  constanta de timp. Caracteristicile logaritmice ale elementului sînt prezentate în fig. E.3.

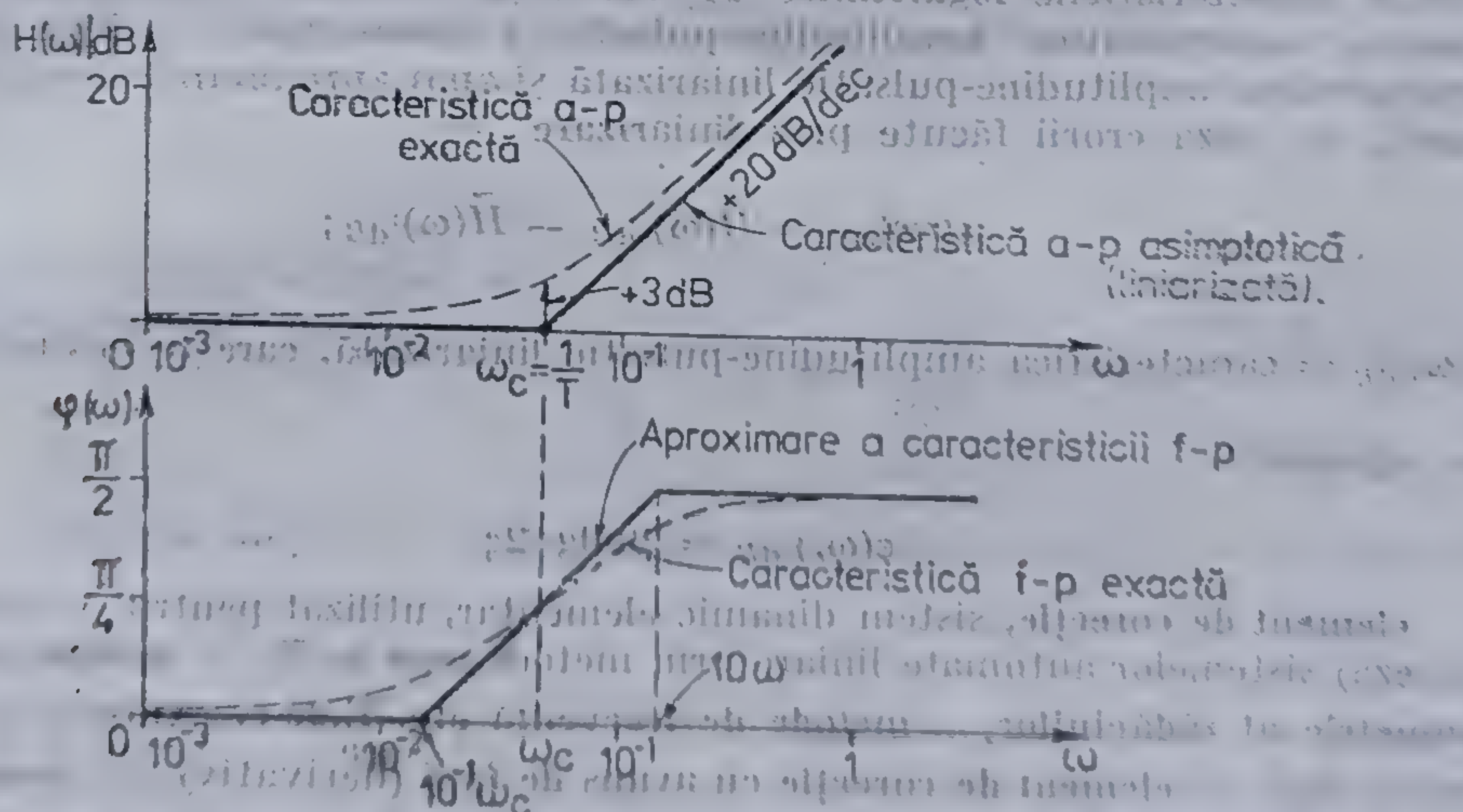


Fig. E.3. Caracteristicile logaritmice ale unui element de anticipare de ordinul 1.

element de anticipare de ordin 2, sistem dinamic elementar descris de funcția de transfer cu două zerouri complex conjugate:

$$H(s) = T^2 s^2 + 2\zeta Ts + 1, \quad T > 0, \quad \zeta \in [0, 1]$$



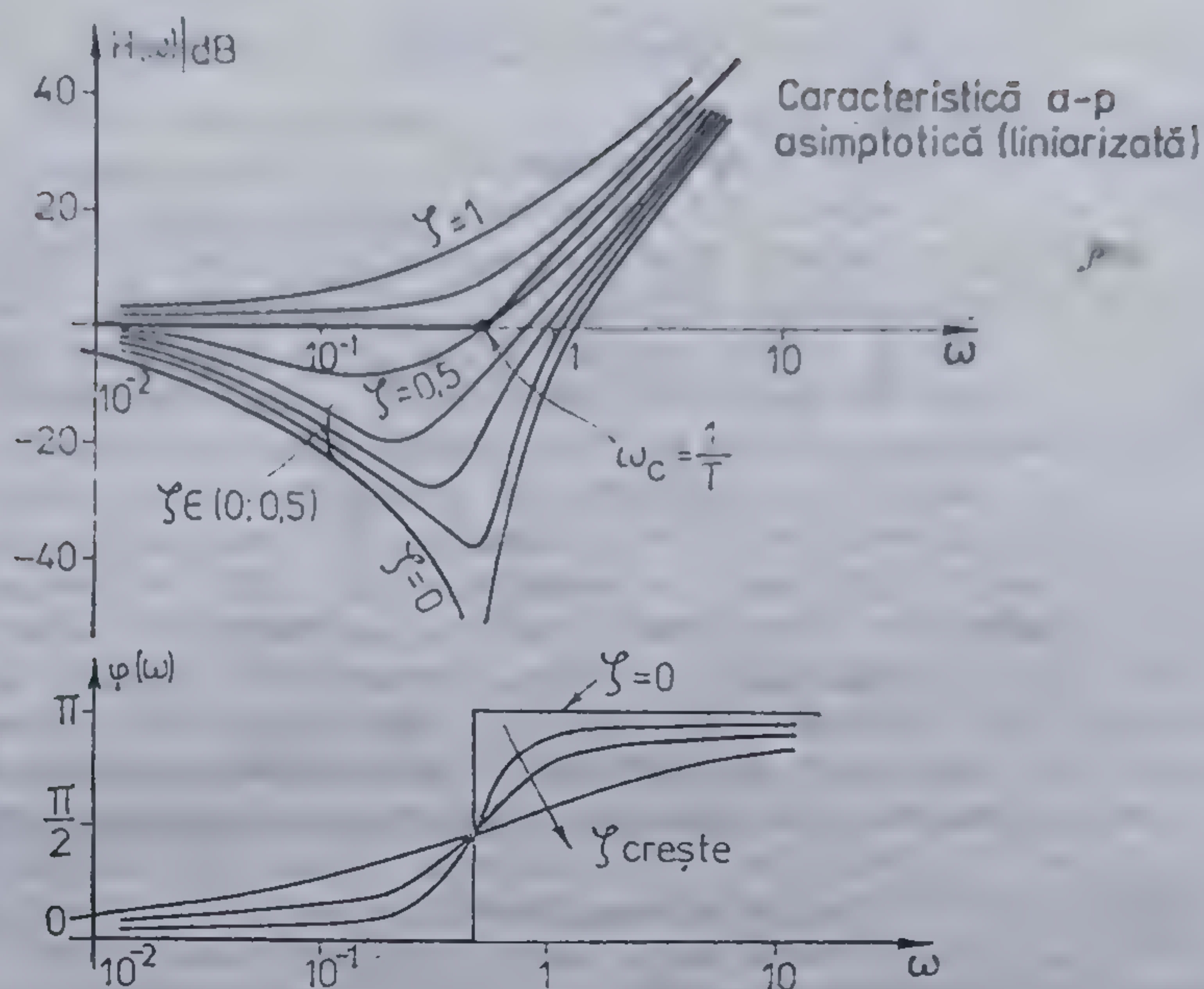


Fig. E.4. Caracteristicile logaritmice ale unui element de anticipare de ordinul 2.

cu  $T \rightarrow$  constanta de timp,  $\zeta \rightarrow$  coeficient de amortizare. În fig. E. 4 sint prezentate caracteristicile logaritmice de frecvență, evident dependente de  $\zeta$ . Trasarea caracteristicii amplitudine-pulsație a elementului se face trasind caracteristica amplitudine-pulsație liniarizată și apoi aproximind caracteristica exactă, pe baza erorii făcute prin liniarizare

$$\varepsilon(\omega)|_{dB} = H(\omega)|_{dB} - \tilde{H}(\omega)|_{dB};$$

$\tilde{H}(\omega)|_{dB}$  = caracteristica amplitudine-pulsație liniarizată, care în  $\omega = \omega_c = \frac{1}{T}$

are expresia

$$\varepsilon(\omega_c)|_{dB} = 20 \lg 2\zeta$$

element de corecție, sistem dinamic elementar, utilizat pentru  $\rightarrow$  corecția (sinteza) sistemelor automate liniare prin metode cum ar fi:  $\rightarrow$  metoda locului geometric al rădăcinilor,  $\rightarrow$  metode de frecvență etc. E.de c. utilizate în mod curent sint:  $\rightarrow$  element de corecție cu avans de fază (derivativ),  $\rightarrow$  element de corecție cu întârziere de fază (integrator),  $\rightarrow$  element integro-derivativ.

element de corecție cu avans de fază, sistem dinamic descris de funcția de transfer

$$H(s) = \alpha_d \frac{1 + T_d s}{1 + \alpha_d T_d s}, \quad \alpha_d \in (0,1)$$



utilizat pentru sinteza sistemelor automate liniare. Caracteristicile logaritmice de frecvență sînt prezentate în fig. E.5. În care parametrii

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_M = \frac{1}{T_d \sqrt{\alpha_d}} \\ \varphi_M = \varphi(\omega_M) = \arctg \frac{1}{\sqrt{\alpha_d}} - \arctg \sqrt{\alpha_d} = \arctg \frac{1 - \alpha_d}{2\sqrt{\alpha_d}} \end{array} \right.$$

se utilizează în mod deosebit în sinteză. Realizarea electrică a elementului de corecție este prezentat în fig. E.6.

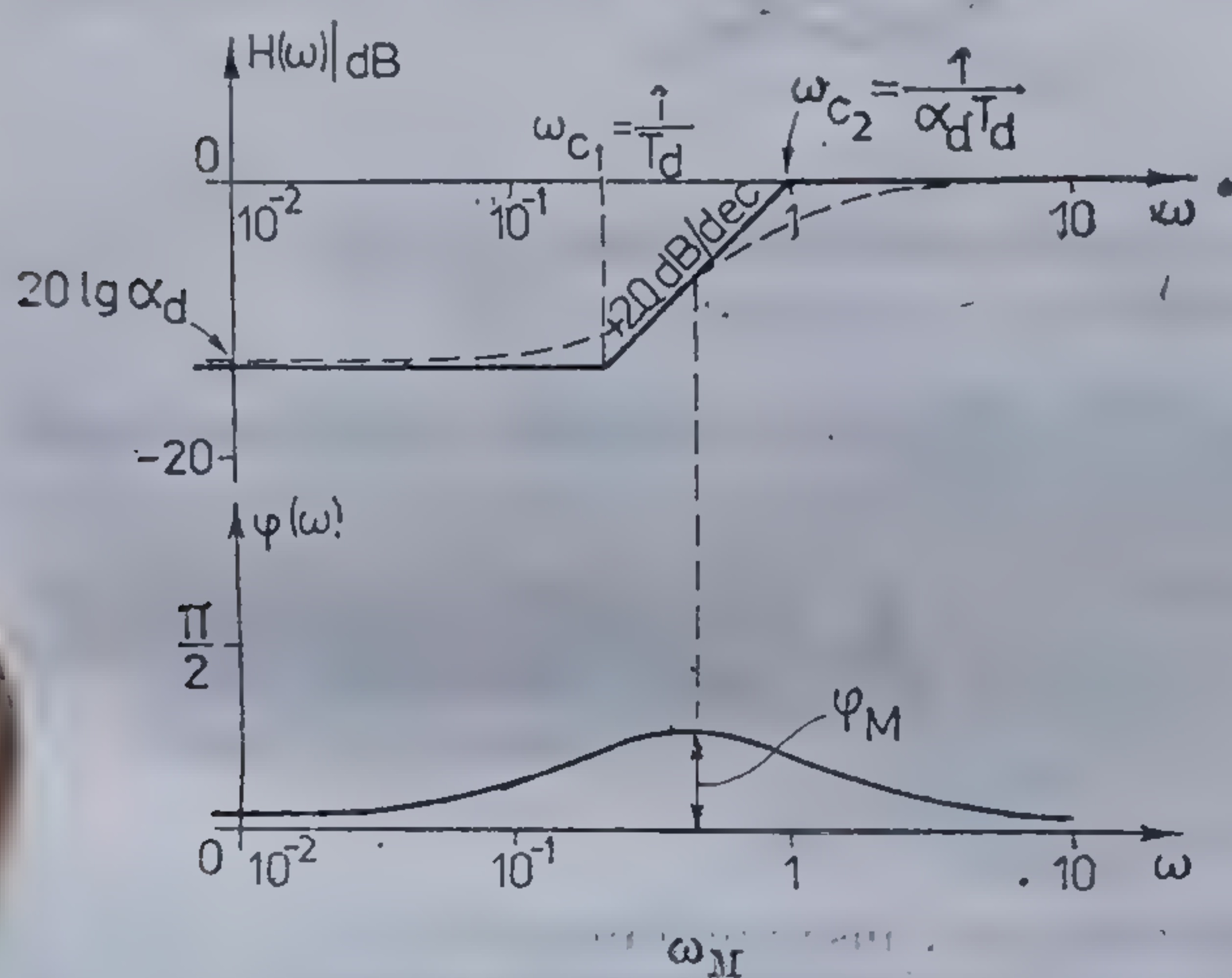
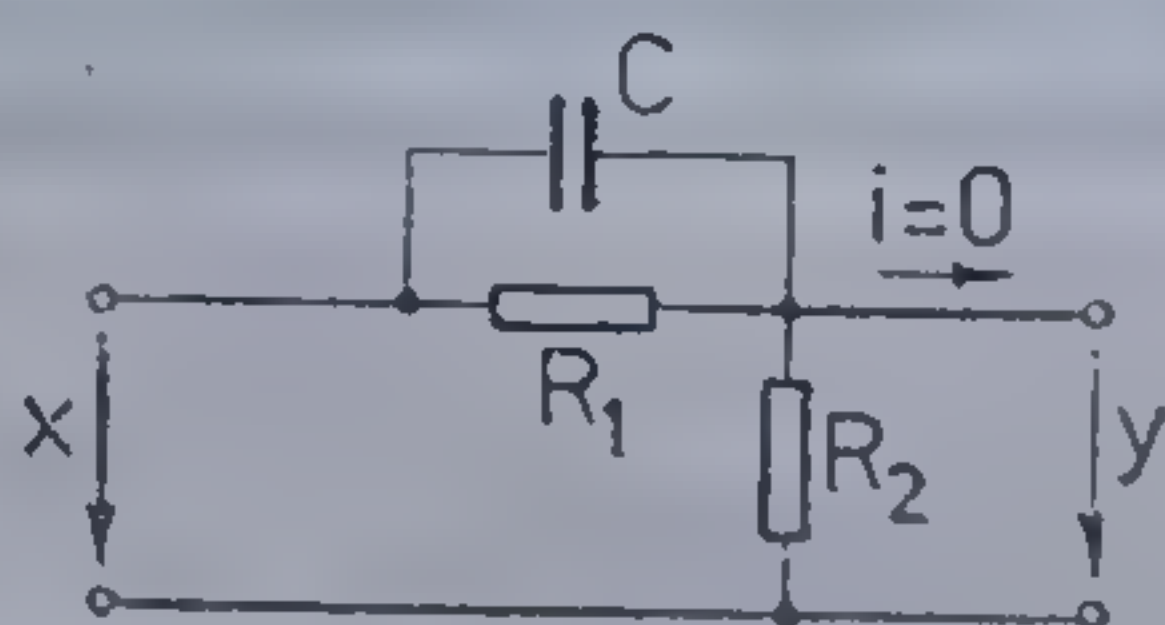


Fig. E.5. Caracteristicile logaritmice ale unui element de corecție cu avans de fază.

Fig. E.6. Schema electrică a unui element de corecție cu avans de fază.



$$\text{unde: } \alpha_d = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$T_d = R_1 C$$

element de corecție cu întârziere de fază, sistem descris de funcția de transfer

$$H(s) = \frac{1 + \alpha_i T_i s}{1 + T_i s}$$

căreia îi corespund caracteristicile logaritmice din fig. E.7. cu

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_m = \frac{1}{T_i \sqrt{\alpha_i}} \\ \varphi_m = \varphi(\omega_m) = \arctg \sqrt{\alpha_i} - \arctg \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} = \arctg \frac{\alpha_i - 1}{2\sqrt{\alpha_i}} \end{array} \right.$$



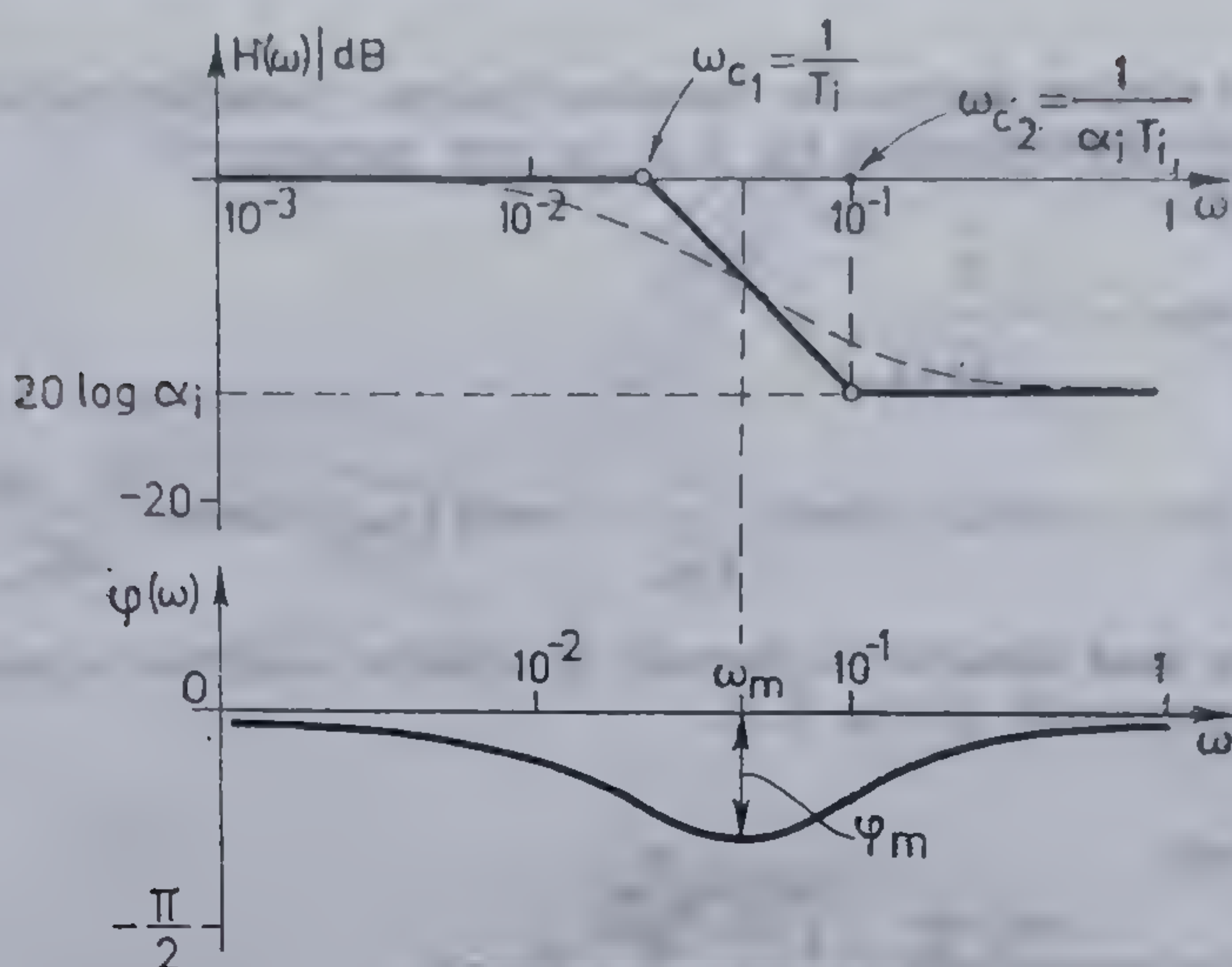
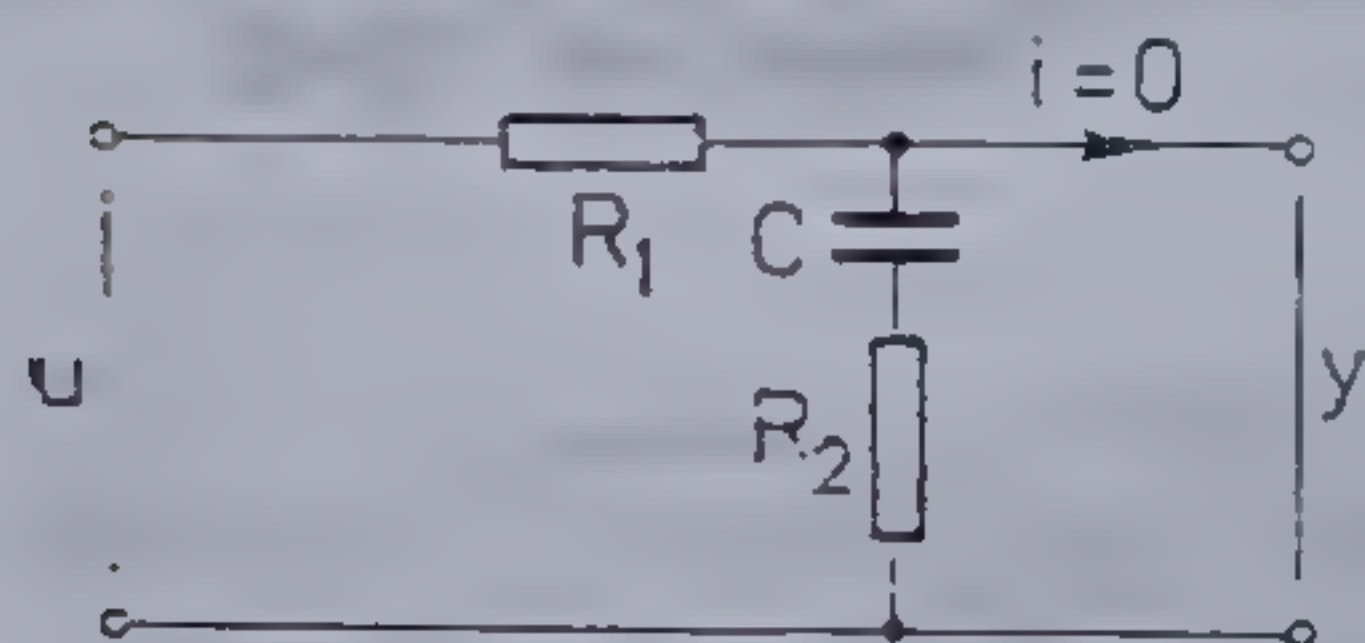


Fig. E.7. Caracteristicile logaritmice ale unui element de corecție cu întârziere de fază.

Se utilizează în sinteză îndeosebi sub formă de dipol. Realizarea electrică a elementului este prezentată în fig. E.8.



și unde  $\alpha_j = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Fig. E.8. Schema electrică a unui element de corecție cu întârziere de fază.

$$T_j = (R_1 + R_2)C$$

element de corecție integro-derivativ, ansamblul format dintr-un → element de corecție cu avans de fază și un → element de corecție cu întârziere de fază, cuplate eventual printr-un amplificator de separare.

element de derivare, sistem dinamic elementar descris de funcția de trans-

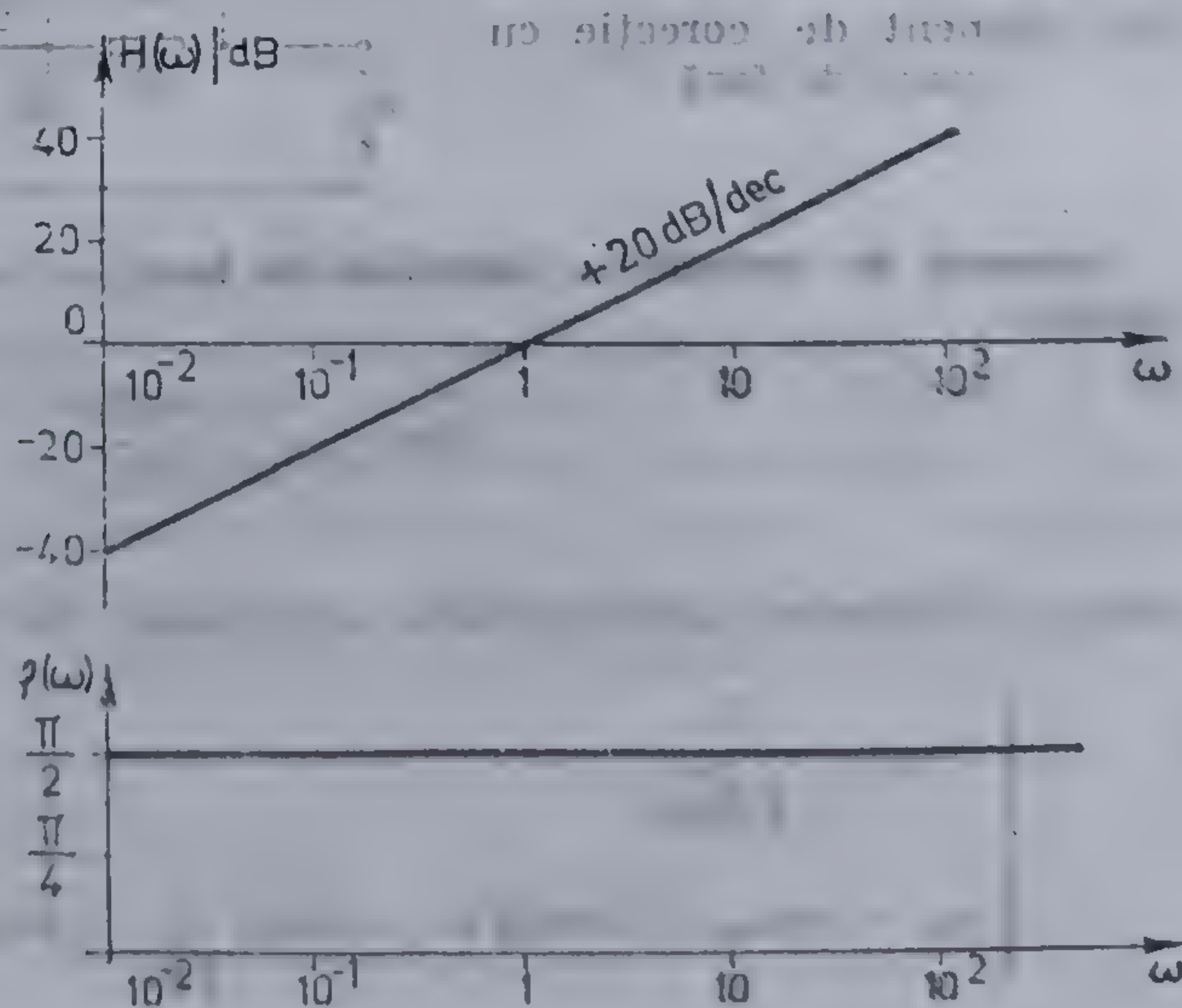


Fig. E.9. Caracteristicile logaritmice ale unui element de derivare.



fer cu un zero în origine:

$$H(s) = s$$

Caracteristicile logaritmice de frecvență sînt reprezentate în fig. E.9.

**element de execuție**, element al unui sistem automat care primește la intrare mărimea de comandă  $u$  de la regulatorul automat și furnizează la ieșire mărimea de execuție  $w$ , cu care acționează asupra instalației tehnologice (a procesului reglat). În general, acțiunea exercitată de e.de.e. asupra instalației tehnologice constă în modificarea cantității de material sau de energie care intervine în procesul respectiv, cu scopul realizării valorii prescrise pentru mărimea reglată. Un e.de.e. este compus din element de acționare (EA), element de execuție propriu-zis sau servomotor și organul de reglare (OR) — sau organ de execuție (fig. E.10). Din punctul de vedere al relației între  $w$  și  $u$ , e.de.e. pot fi cu acțiune proporțională și cu acțiune integrală. Pentru e.de.e. cu acțiune proporțională:

$$w = K_{EP}u$$

Fig. E.10. Structura unui element de execuție.



Factorul de proporționalitate  $K_{EP}$  trebuie să fie constant pentru întreg domeniul de valori pe care le poate lua  $u$  și oricare ar fi forțele ce apar datorită frecărilor, jocurilor în angrenaje, maselor neechilibrate etc. ca urmare a modificării mărimii  $u$ . În cazul e.de.e. cu acțiune integrală, relația de dependență între  $w$  și  $u$  este de forma:

$$w(t) = K_{EI} \int_0^t u \, d\tau$$

Dependențele menționate presupun un caracter ideal al e.de.e. În practică o serie de factori ca: inerția maselor în mișcare, frecările dinamice și statice, ș.a. conferă e.de.e., în multe cazuri, caracterul de elemente de întârziere asociate cu caracteristici proporționale sau integrale. Factorii principali în alegerea unui e.de.e. pentru sisteme automate sînt: corelarea puterii dezvoltate de EA cu cea necesară OR, astfel ca elementul să realizeze deplasarea și viteza impusă; domeniu de liniaritate cît mai mare și sensibilitatea ridicată; precizie și siguranță în funcționare cît mai bune; viteză de răspuns cît mai mare; posibilitatea reglării în limite largi și a reversării sensului de mișcare a OR; robustețe constructivă și randament ridicat. Aceste cerințe sînt satisfăcute de e.de.e. electrice, hidraulice și pneumatice.

**element de întârziere**, sistem dinamic elementar, de ordin dinamic 1 sau 2 pentru care faza  $\varphi(\omega)$  este negativă în toată gama de pulsații ( $\omega \geq 0$ ). Cum orice funcție de transfer  $H(s) \in \mathbb{R}(s)$ , ce descrie intrare-ieșire un sistem liniar cu o intrare și o ieșire, se poate factoriza, cu coeficienți reali, după zerouri și poli se evidențiază în compunerea sa → element de întârziere de ordin 1, → element integrator sau → element de întârziere de ordin 2 corespunzînd polilor reali, respectiv polilor complex conjugați. E.de i. este un sistem dinamic fizic realizabil, descris de o funcție de transfer rațională strict proprie.



element de întârziere de ordin 1, sistem dinamic elementar, descris de funcția de transfer

$$H(s) = \frac{1}{1 + Ts}, \quad T > 0$$

cu  $T \rightarrow$  constanta de timp și  $s_1 = -\frac{1}{T} \in \mathbb{R} \rightarrow$  polul elementului de întârziere. Răspunsul indicial al elementului de întârziere este

$$y(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}}, \quad t \geq 0$$

avînd reprezentarea din fig. E. 11, deci un răspuns  $\rightarrow$  aperiodic, și pentru care performanța  $\rightarrow$  timp tranzitoriu este

$$t_t \leq (3 \div 4) T$$

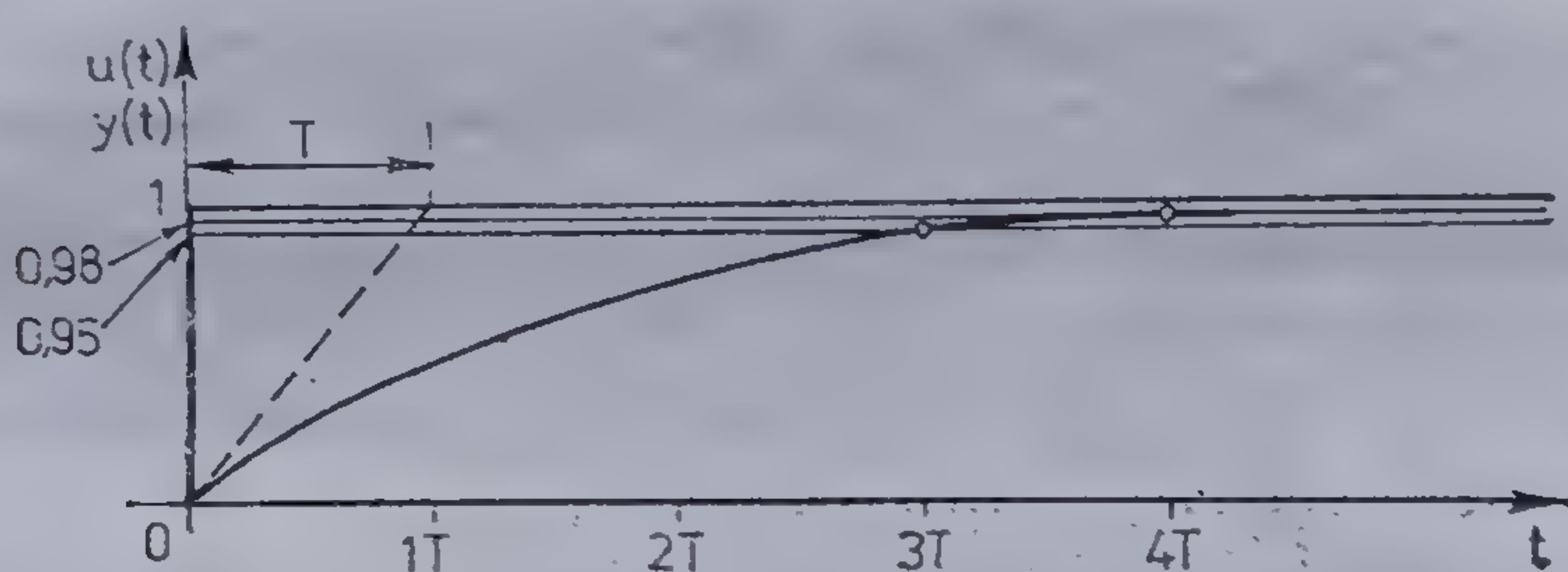


Fig. E.11. Răspunsul unui element de întârziere de ordinul 1.

în funcție de definirea cu 5 % sau 2 %. Referitor la comportarea în frecvență, în fig. E.12, a se prezintă hodograful, iar în fig. E.12, b  $\rightarrow$  caracteristicile logaritmice ale elementului.

element de întârziere de ordin 2, sistem dinamic elementar, avînd ordin dinamic 2, caracterizat prin doi poli complex conjugați, deci avînd funcția de transfer:

$$H(s) = \frac{1}{T^2 s^2 + 2\zeta Ts + 1}; \quad T > 0, \quad \zeta \in [0,1]$$

în care  $T$  este  $\rightarrow$  constanta de timp,  $s_{1,2} = \frac{1}{T} (-\zeta \pm j\sqrt{1-\zeta^2}) \in \mathbb{C}$  sînt poli iar  $\zeta \rightarrow$  coeficientul de amortizare. Uneori funcția sa de transfer se scrie

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

în care  $\omega_n = \frac{1}{T}$  este  $\rightarrow$  pulsația naturală a elementului. Răspunsul indicial



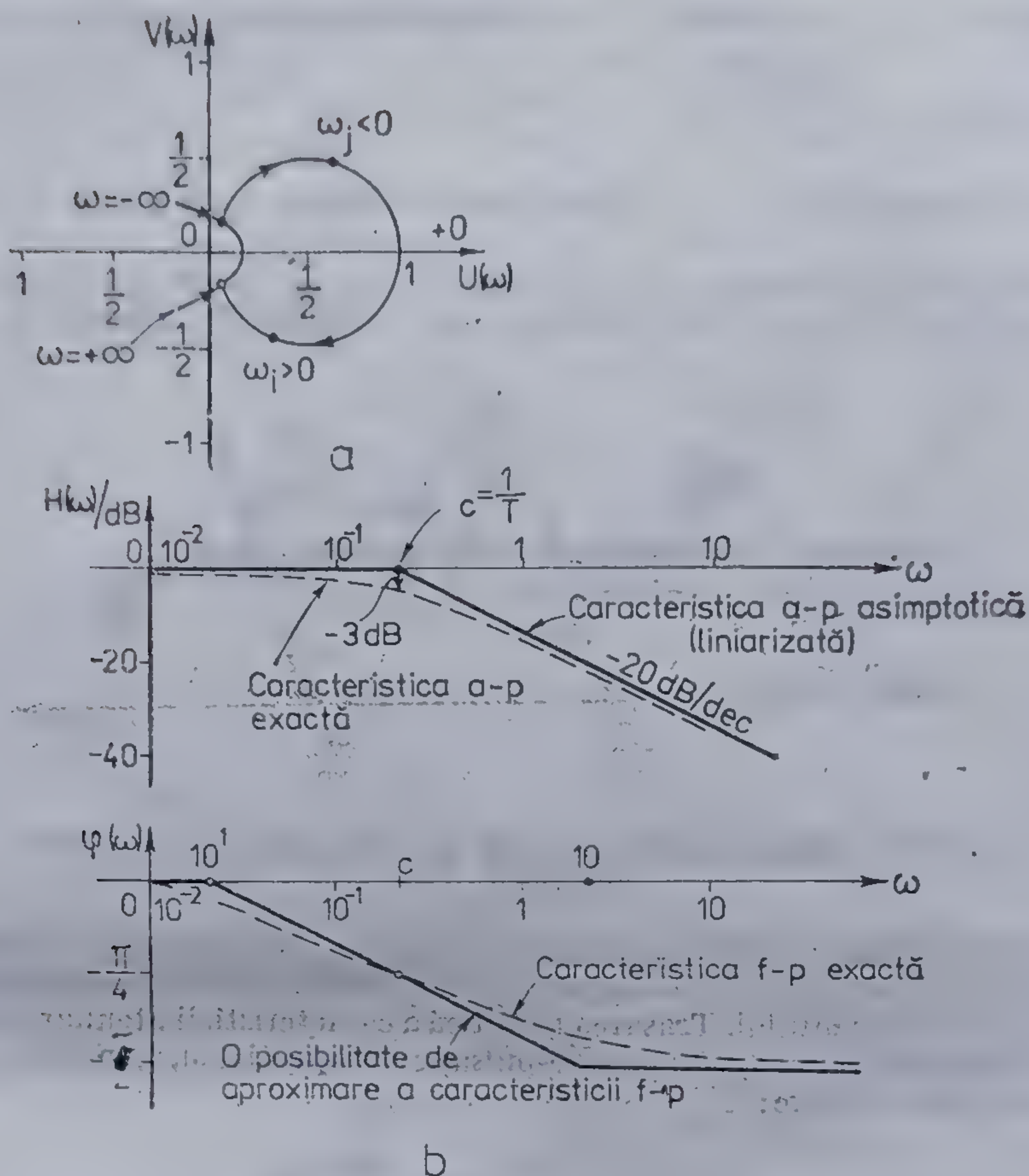


Fig. E.12. Reprezentări în frecvență ale comportării unui element de întârziere de ordinul 1:

a — hodograf; b — caracteristici logaritmice.

al elementului este, în funcție de parametrul  $\zeta$ :

$$a) 0 < \zeta < 1: y(t) = 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1-\zeta^2}} \sin\left(\omega_n \sqrt{1-\zeta^2} t + \arctg \frac{\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}\right), t \geq 0$$

$$b) \zeta = 0: y(t) = 1 - \cos \omega_n t, t \geq 0;$$

$$c) \zeta = 1: y(t) = 1 - (1 + \omega_n t) e^{-\omega_n t}, t \geq 0;$$

eventual scris și pentru cazul  $\zeta > 1$  (cînd de fapt acest sistem se descompune în două → elemente de întârziere de ordin 1);

$$d) \zeta > 1: y(t) = 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{\zeta^2-1}} \operatorname{sh}\left(\omega_n \sqrt{\zeta^2-1} t + \operatorname{arcth} \frac{\sqrt{\zeta^2-1}}{\zeta}\right), t \geq 0$$

Răspunsurile tipice pentru cazurile prezentate sînt cele din fig. E.13.



Din răspunsul indicial se deduc expresiile performanțelor uzuale:

- suprareglaj  $\sigma = e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$ ;
- timp tranzitoriu  $t_t = \frac{3 \div 4}{\xi\omega_n}$  (depinzînd de definirea cu 5 % sau 2 %) și impunerea acestor performanțe ( $\sigma \leq \sigma_{dorit}$ ,  $t_t \leq t_{tdorit}$ ) determină parametrii  $\zeta$ ,  $\omega_n$ ; de aceea elementul de întirziere este punctul de plecare în mult e

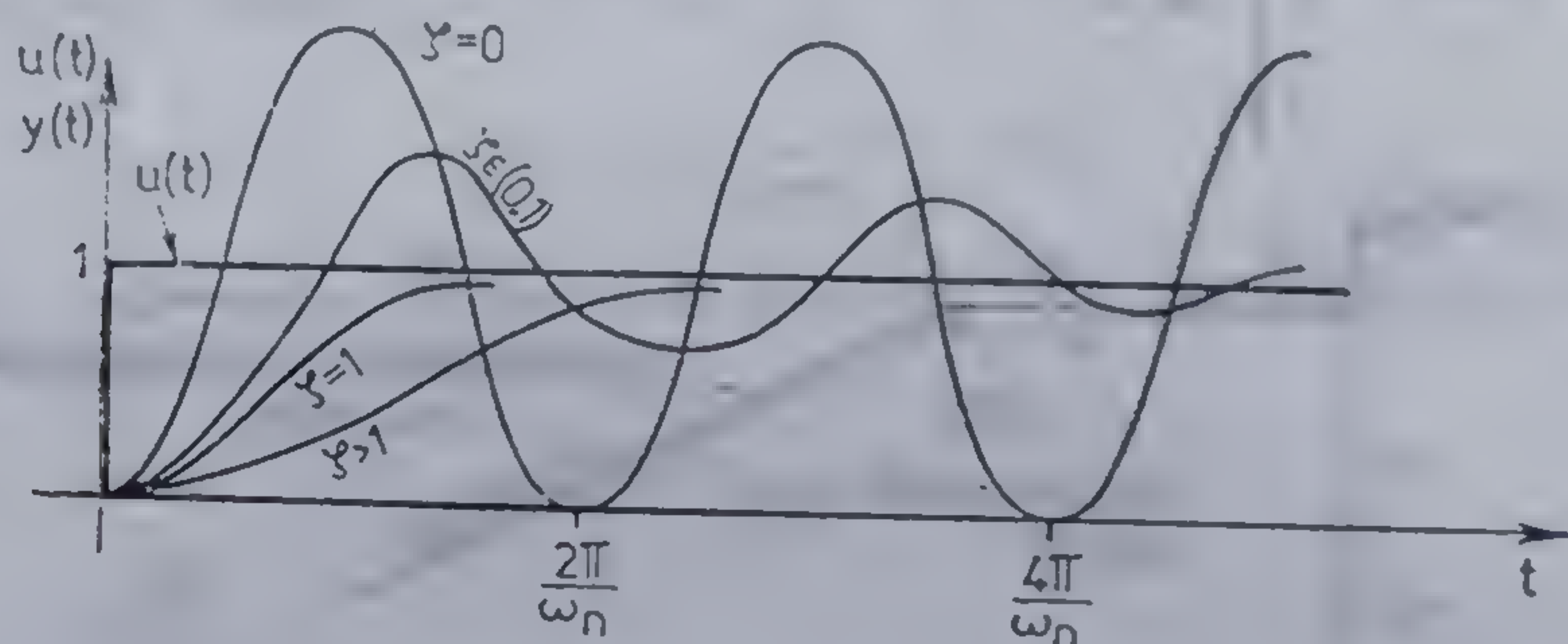


Fig. E.13. Răspunsuri tipice ale unui element de întirziere de ordinul 2.

proceduri de sinteză a sistemelor automate liniare. Referitor la comportarea sa în frecvență în fig. E.14, *a*, *b* se prezintă hodograful, respectiv caracteristicile logaritmice ale elementului. Trasarea analitică a caracteristicii atenuare-pulsație se face pe baza caracteristicii atenuare-pulsație asimptotice și, respectiv, a erorii făcute prin aproximare:

$$\varepsilon(\omega)|_{dB} = H(\omega)|_{dB} - \tilde{H}(\omega)|_{dB}$$

în care  $\tilde{H}(\omega)|_{dB}$  — caracteristica amplitudine-pulsație asimptotică care în  $\omega = \omega_c = \frac{1}{T}$  este

$$\varepsilon(\omega)|_{dB} = -20 \lg 2\zeta\omega_n$$

avînd valorile tipice

$$\varepsilon(\omega_c)_{dB} = \begin{cases} +\infty & \zeta = 0 \\ > 0 & 0 < \zeta < 0,5 \\ 0 & \zeta = 0,5 \\ -3 & \zeta = \sqrt{2}/2 \\ -6 & \zeta = 1 \end{cases}$$

element de întirziere pură (element cu timp mort), sistem elementar ideal pentru care

$$y(t) = u(t - \tau), \quad t \geq 0$$

deci avînd funcția de transfer

$$H(s) = e^{-\tau s}$$



unde  $\tau \rightarrow$  constanta de timp. E.de l.p. apare în reprezentarea sistemică a proceselor cu transport de material sau de energie, adică în general, în  $\rightarrow$  sistemele cu parametri distribuiți la particularizarea coordonatei geometrice. În multe cazuri, e. de l.p. este introdus pentru aproximarea sistemelor dinamice cu  $\rightarrow$  ordin dinamic mare. Cum elementul nu face parte din clasa funcțiilor de transfer

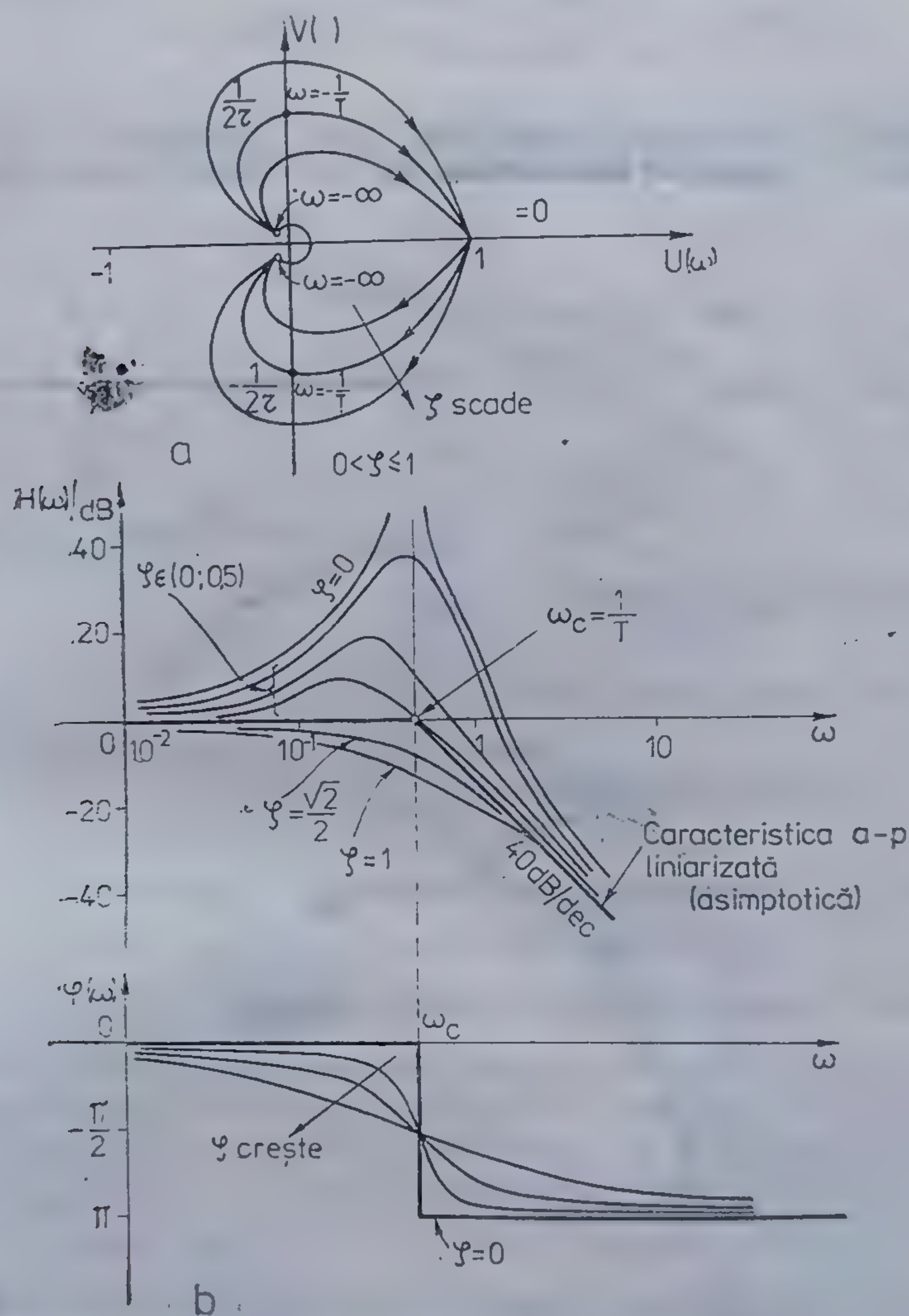


Fig. E.14. Reprezentări în frecvență ale comportării unui element de întârziere de ordinul 2:

a — hodograf; b — caracteristici logaritmice

raționale, în multe cazuri se preferă aproximarea acestuia sub forma unei funcții raționale; o aproximare puțin precisă este

$$H(s) = e^{-\tau s} = \frac{1}{e^{\tau s}} \approx \frac{1}{1 + \tau s};$$



Aproximări mult mai precise sunt reprezentate de aproximațiile Padé:

$$H(s) \cong \frac{2 - \tau s}{2 + \tau s}, \text{ de ordin 1}$$

$$H(s) \cong \frac{12 - 6\tau s + \tau^2 s^2}{12 + 6\tau s + \tau^2 s^2}, \text{ de ordin 2; etc.}$$

Comportarea în frecvență a elementului este reprezentată în fig. E.15. E. de f.p. este un  $\rightarrow$  sistem de fază minimă care nu se poate include în  $\rightarrow$  teoremele Bode.

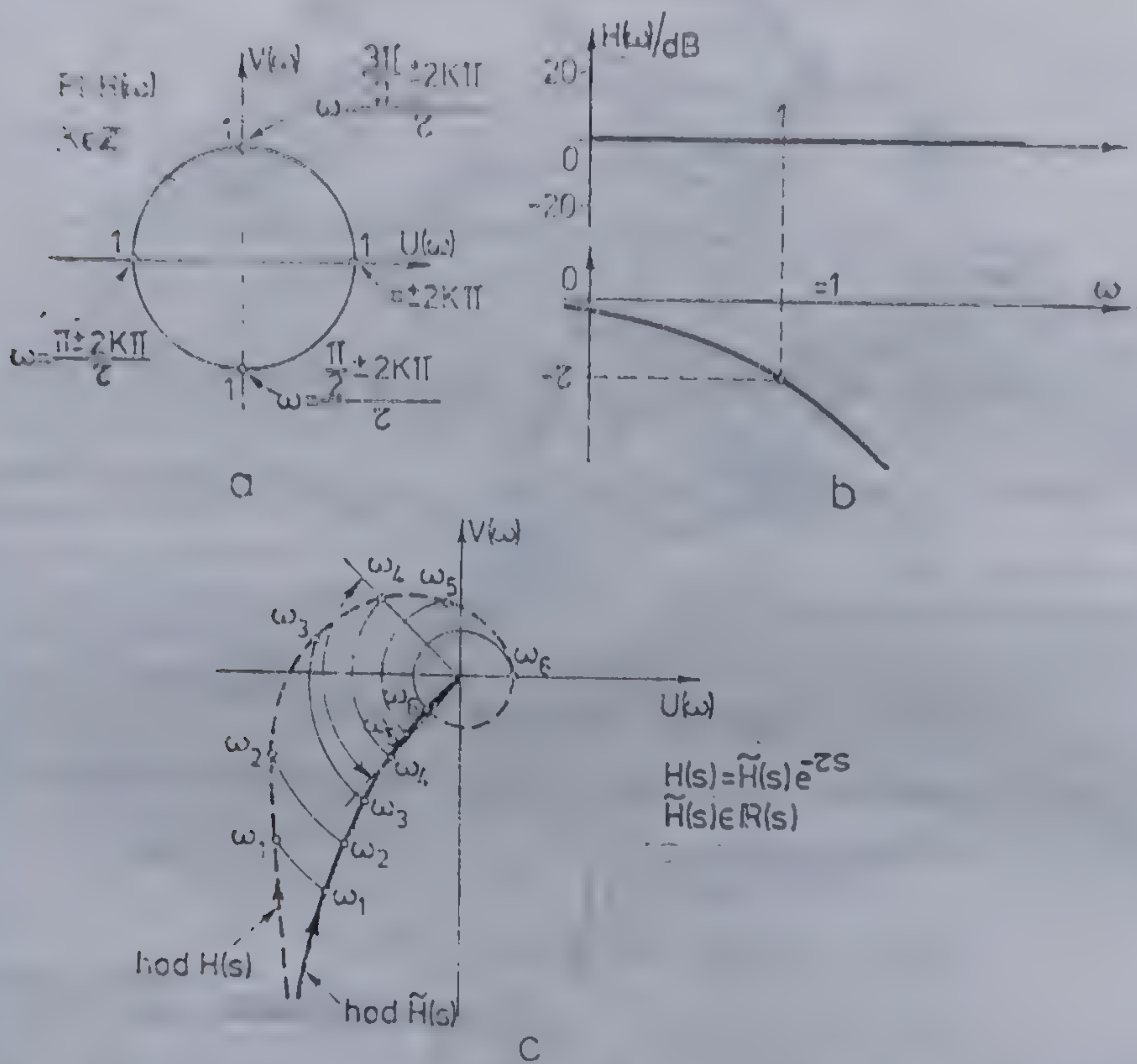


Fig. E.15. Reprezentări în frecvență ale unui element cu timp mort:  
a — hodograf; b — caracteristici logaritmice; c — efectul elementului de întârziere pus asupra hodografului unei funcții

element integrator, sistem elementar avînd funcționalitatea intrare-ieșire

$$v(t) = \int_0^t u(\tau) d\tau$$



deci descris de funcția de transfer

$$H(s) = \frac{1}{s}$$

E.i. este un sistem fizic realizabil care are  $\rightarrow$  răspunsul indicia

$$y(t) = t, \quad t \geq 0$$

și caracteristicile de frecvență reprezentate în fig. E.16. E.i. aflate pe calea directă a unui  $\rightarrow$  sistem automat, au un rol determinant în comportarea sta-

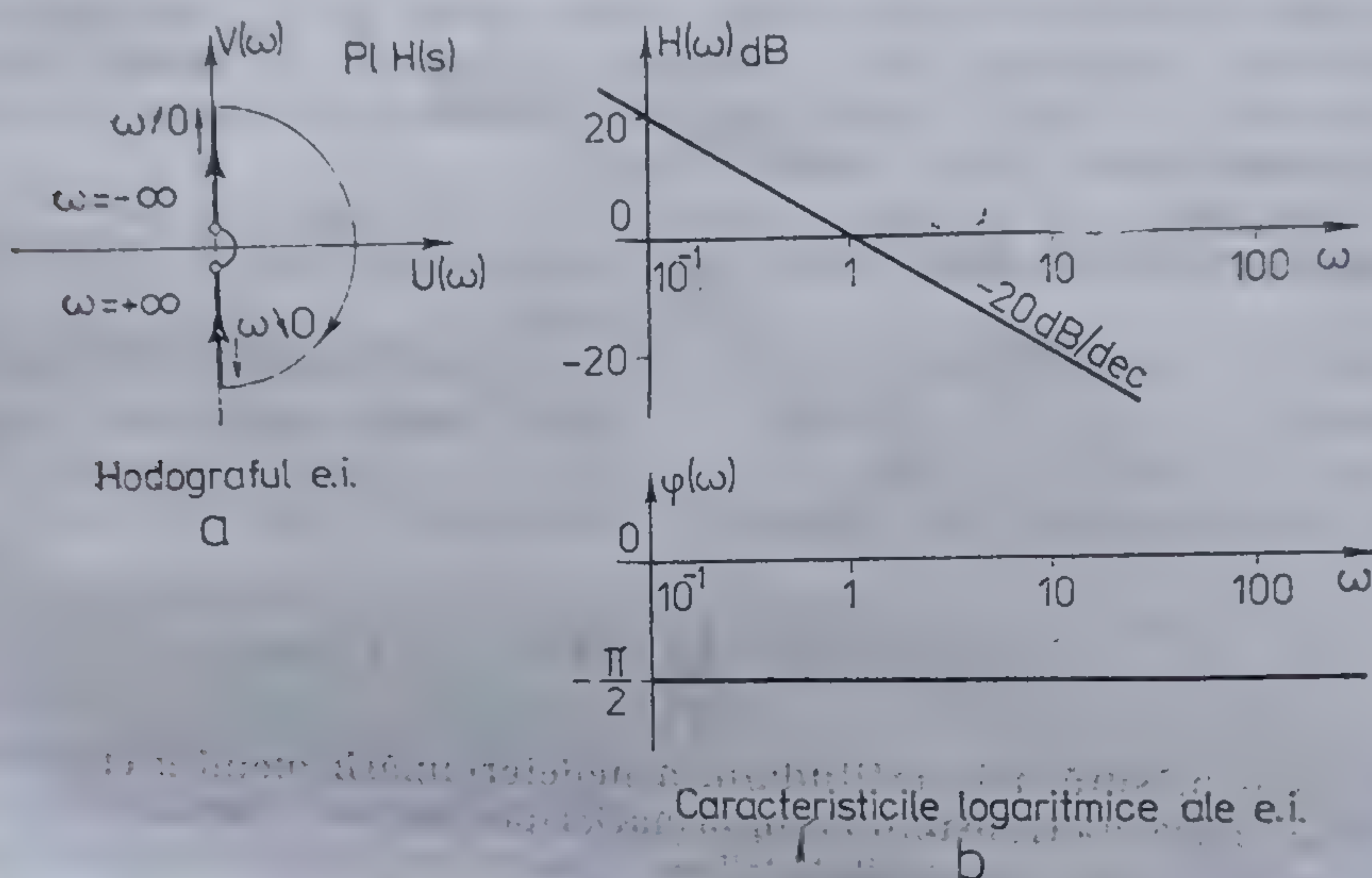


Fig. E.16. Reprezentări în frecvență ale unui element integrator:

a — hodograf; b — caracteristici logaritmice.

bilizată a sistemului automat la  $\rightarrow$  intrări polinomiale, numărul de e.i. determinând gradul de  $\rightarrow$  astatism.

**elemente auxiliare ale reguletoarelor unificate**, blocuri electronice care sînt asociate reguletoarelor din sistemele unificate în scopul asigurării unor condiții de exploatare impuse de instalațiile automatizate. Cele mai importante elemente auxiliare sînt: *elementul pentru comanda manuală*, *elementul de limitare*, *elementul de programare* și *elementul de raport*. Elementul pentru comanda manuală are rolul de a permite operatorului să comute funcționarea sistemului de reglare din regimul automat în regimul manual fără a produce șocuri sau supra-solicitări. Elementul de limitare realizează restrîngerea domeniului de variație a semnalelor unificate, restrîngere care apare uneori necesară, de ex., pentru a obține deplasări mai reduse ale organului de execuție. Elementul de programare este un bloc electronic prin intermediul căruia se obține un semnal variabil în timp după un program prestabilit. Acest semnal se poate aplica la intrarea regulatorului (avînd comparator inclus), ca mărime de referință a sistemului de reglare automată, reprezentînd astfel programul de variație în timp a mărimii reglate. Elementul de raport se asociază reguletoarelor din sistemele unificate în vederea menținerii constante a raportului a două mărimi  $m_1$  și  $m_2$  (reprezentînd de ex., două debite de fluid prin două conducte) prin modificarea corespunzătoare a mărimii  $m_2$  în funcție de variațiile mărimii  $m_1$ .



**elemente de calcul unificate**, blocuri electronice componente ale sistemelor de reglare unificate, destinate efectuării de operații aritmetice. E. de c.u. tipice sînt cele de adunare-scădere, înmulțire-împărțire și extragere de radical. Elementul de adunare-scădere poate opera cu două, trei sau patru semnale unificate, realizînd însumarea lor cu semne și ponderi prestabilite, astfel încît să rezulte la ieșire tot un semnal unificat. În mod similar elementul de înmulțire-împărțire efectuează operațiile respective asupra a două sau trei semnale unificate. Extractorul de radical este un element care permite calculul rădăcinii păturate dintr-un semnal unificat. El este utilizat, în principal, împreună cu traductoare de presiune diferențială pentru măsurarea debitelor de fluid cu — diafragme, ajutaje sau tuburi Venturi.

**emulator**, sistem de microprograme, implementat pe un echipament, care conferă acestuia capacitatea de a accepta, interpreta și executa comenzi primite din exterior, în mod obișnuit prin intermediul unei console, inclusiv de a rula programe scrise într-un anumit limbaj.

**energie reglantă**, raport  $\lambda = - \frac{\Delta P_s}{\Delta f}$  care caracterizează variația puterii

de schimb  $\Delta P_s$  la o variație a frecvenței ( $\rightarrow$  **reglarea frecvenței și puterii active**).

**entropie** (în sens informațional), informație medie asociată unui cîmp de evenimente disjuncte  $[x] = [x_1, x_2, \dots, x_n]$  la care se cunosc probabilitățile de realizare a evenimentelor  $[p] = [p_1, p_2, \dots, p_n]$ , exprimată prin relația:

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p_i \lg p_i$$

E. apare ca o măsură a incertitudinii, a nedeterminării medii a cîmpului de evenimente. În cazul transiterii informației pe un canal avînd alfabetul de intrare  $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$  și alfabetul de ieșire  $Y = [y_1, y_2, \dots, y_m]$ , cu probabilitățile de realizare asociate  $P_x = [p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_n)]$  și, respectiv  $P_y = [p(y_1), p(y_2), \dots, p(y_m)]$  se pot defini trei cîmpuri de evenimente: la intrarea în canal, cu e.  $H(X)$ , la ieșirea din canal, avînd e.  $H(Y)$  și cîmpul reunit intrare-ieșire, cu e.  $H(X, Y)$  determinată de relația

$$H(X, Y) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(x_i, y_j) \lg p(x_i, y_j),$$

unde  $p(x_i, y_j)$  este probabilitatea de realizare atât a evenimentului  $x_i$  cît și a evenimentului  $y_j$ . Dacă există o condiționare între probabilitățile de realizare a evenimentelor  $x_i, y_j$ , e. se numește **condițională**.

**ergodicitate**, ipoteză prin care distribuția de probabilitate a stării unui proces aleator staționar poate fi considerată ca punct al spațiului de stare pentru un moment de timp fixat, transferul către alt punct din spațiul de stare, corespunzător unui moment de timp următor fiind determinat numai de ecuațiile de dinamică ale sistemului. În ipoteza de e., media temporală a unei variabile aleatoare este egală cu media statistică a acesteia, rezultînd simplificări importante în studiul sistemelor dinamice perturbate aleator.

**eroare aleatoare**, componentă a erorii de măsurare care are un caracter întâmplător, în sensul că la repetarea măsurării aceleiași mărimi, în condiții identice, diferă atât ca valoare cît și ca semn. E.a. poate fi evaluată numai în sens probabilistic, prin aplicarea metodelor statistice asupra unui șir de  $n$  rezultate obținute prin măsurări repetate asupra aceleiași mărimi. Principalul indicator



pentru e.a. este dispersia  $\sigma$  care poate fi estimată cu relația

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(V_i - m_v)^2}{n-1}}$$

în care  $m_v$  este media aritmetică a rezultatelor. Pentru  $n$  suficient de mare ( $n \geq 20$ ) se obține o estimatie  $\hat{\sigma}$  care aproximează suficient de bine  $\rightarrow$  dispersia reală. E.a. admit, de regulă, o lege de repartiție de probabilitate normală (Gauss) pentru care funcția de densitate de probabilitate este

$$p(\Delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}}$$

Dacă se cunoaște dispersia  $\sigma$  se poate determina prin intermediul relației precedente care este probabilitatea de apariție a unei e.a.  $\Delta$  pentru categoria de măsurări caracterizată de dispersia respectivă.

eroare de măsurare, diferența  $\Delta x$  dintre valoarea reală  $X$  a mărimii măsurate și rezultatul măsurării  $V_i$

$$\Delta X_i = V_i - X$$

Deoarece valoarea reală nu este cunoscută, în practică se utilizează ca referință o valoare convențională  $V$  cât mai apropiată de cea reală obținându-se

$$\Delta V_i = V_i - V$$

Erorile  $\Delta X_i$  se numesc *erori absolute reale*, iar  $\Delta V_i$  — *erori absolute convenționale*. De regulă, se adoptă pentru  $V$  media aritmetică a unui șir de măsurări,

$$m_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

E.d.e.m. este utilizată pentru a exprima precizia măsurărilor ( $\rightarrow$  clasă de precizie). În acest scop se folosesc erorile relative de măsurare obținute prin raportarea erorilor absolute la valorile măsurate:

a) *eroarea relativă reală*

$$\Delta X_{ri} = \frac{\Delta X_i}{X_i}$$

b) *eroarea relativă convențională*

$$\Delta V_{ri} = \frac{\Delta V_i}{V}$$

Erorile absolute au caracter dimensional și se dau în aceleași unități cu mărimile măsurate. Cele relative sînt numere fără dimensiuni și adesea se dau în procente.

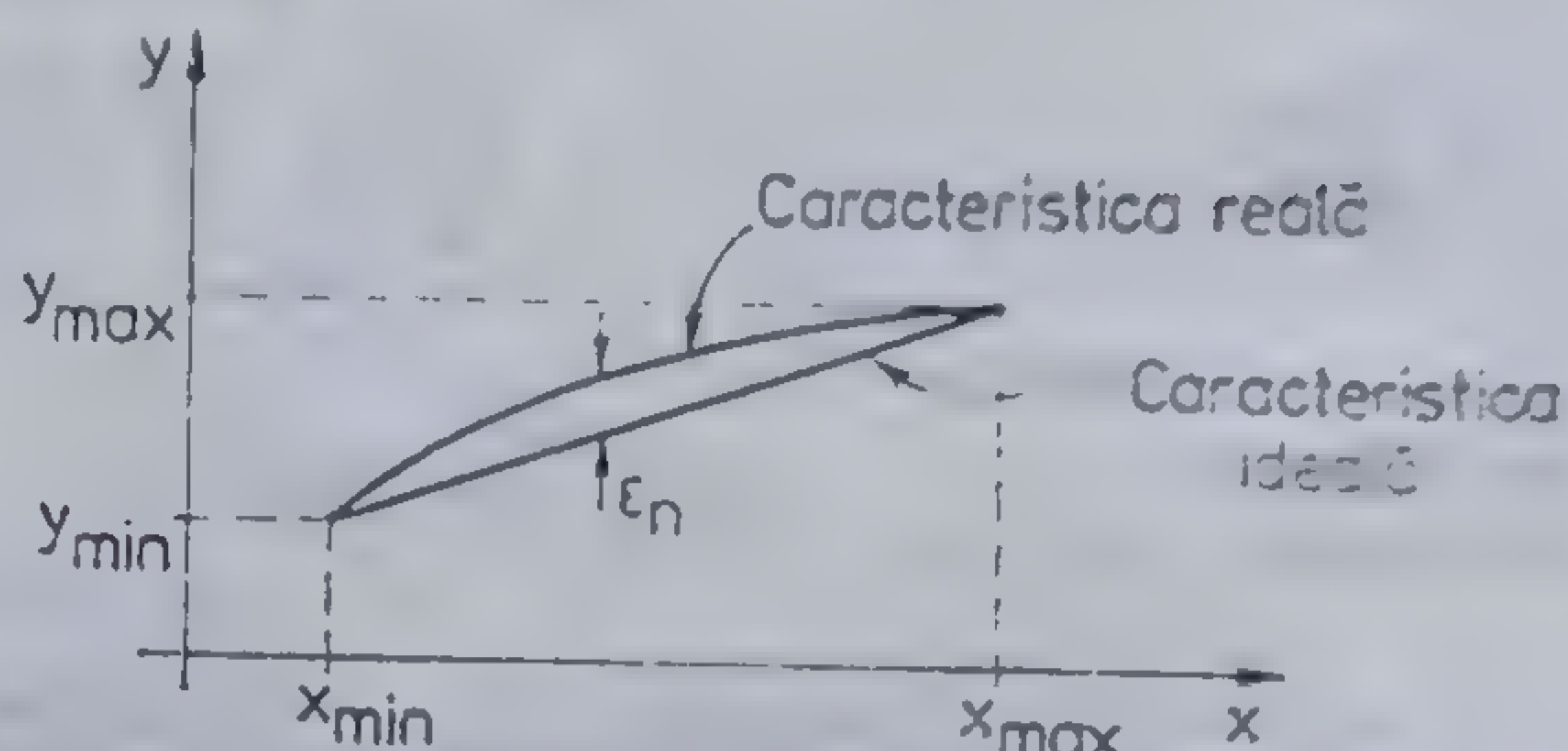
eroare de neliniaritate, diferența maximă între valorile obținute la ieșirea unui element (sistem) a cărui caracteristică statică reală este neliniară, în raport cu cele corespunzătoare unei caracteristici ideale, liniară pentru un domeniu dat de variație a mărimii de intrare. E.d.n. este ilustrată în fig. E.17.



E.d.e.n. se exprimă adesea sub formă relativă, în procente, prin raportare la domeniul de variație a mărimii de măsurare

$$\epsilon_{rn} = \frac{\epsilon_n}{Y_{max} - Y_{min}} \times 100 [\%]$$

Fig. E.17. Aprecierea grafică a erorii de neliniaritate.



E.d.e.n. se specifică pentru diversele componente ale echipamentelor de automatizare, de obicei pentru traductoare, amplificatoare etc.

**eroare grosieră**, valoare inadmisibilă a erorii de măsurare obținută ca urmare a unor greșeli de metodă, defecte ale aparatelor sau interpretării necorespunzătoare a rezultatelor. E.g. pot fi observate prin aceea că determină rezultate mult diferite de cele care apar la efectuarea corectă a măsurării. Aceste rezultate trebuie eliminate și măsurările respective se refac după eliminarea cauzelor e.g. În cazul măsurărilor de precizie se efectuează teste speciale pentru depistarea e.g.

**eroare sistematică**, componentă a erorii de măsurare caracterizată prin aceea că, la repetarea operației de măsurare folosind aceleași metode și aparate și în aceleași condiții experimentale, apare cu aceeași valoare și același semn. E.s. pot fi de metodă, de aparat sau datorate influenței factorilor perturbatori externi. Evaluarea e.s. se face prin calcul sau experimental, în raport cu particularitățile procesului de măsurare. Ca urmare, e.s. pot fi corectate sau reduse la valori admisibile prin adoptarea corespunzătoare a procedurilor de măsurare.

**eroare tolerată (admisibilă)**, valoare a erorii de măsurare specificată pentru un aparat de măsurat sau traductor care, în condiții corespunzătoare de utilizare, nu poate fi depășită. E. t. poate fi exprimată sub formă absolută sau relativă și valoarea sa definește precizia măsurării ( $\rightarrow$  clasă de precizie).

**eroarea sistemelor automate**, mărimea  $\epsilon(t) = y_{ref}(t) - y(t)$  în care  $y_{ref}(t)$  este mărimea de referință a sistemului automat, iar  $y(t)$  mărimea măsurată. E.s.a. permite aprecierea cantitativă a performanțelor sistemului automat.

Printr-o prelucrare adecvată e.s.a. se constituie în mărimea de comandă a părții fixate ( $\rightarrow$  sistem automat). Dispozitivul ce implementează comparația aditivă poartă numele de comparator diferențial, fiind specific structurii de sistem automat. Mărimea

$$\epsilon_{st} = \lim_{t \rightarrow \infty} \epsilon(t)$$

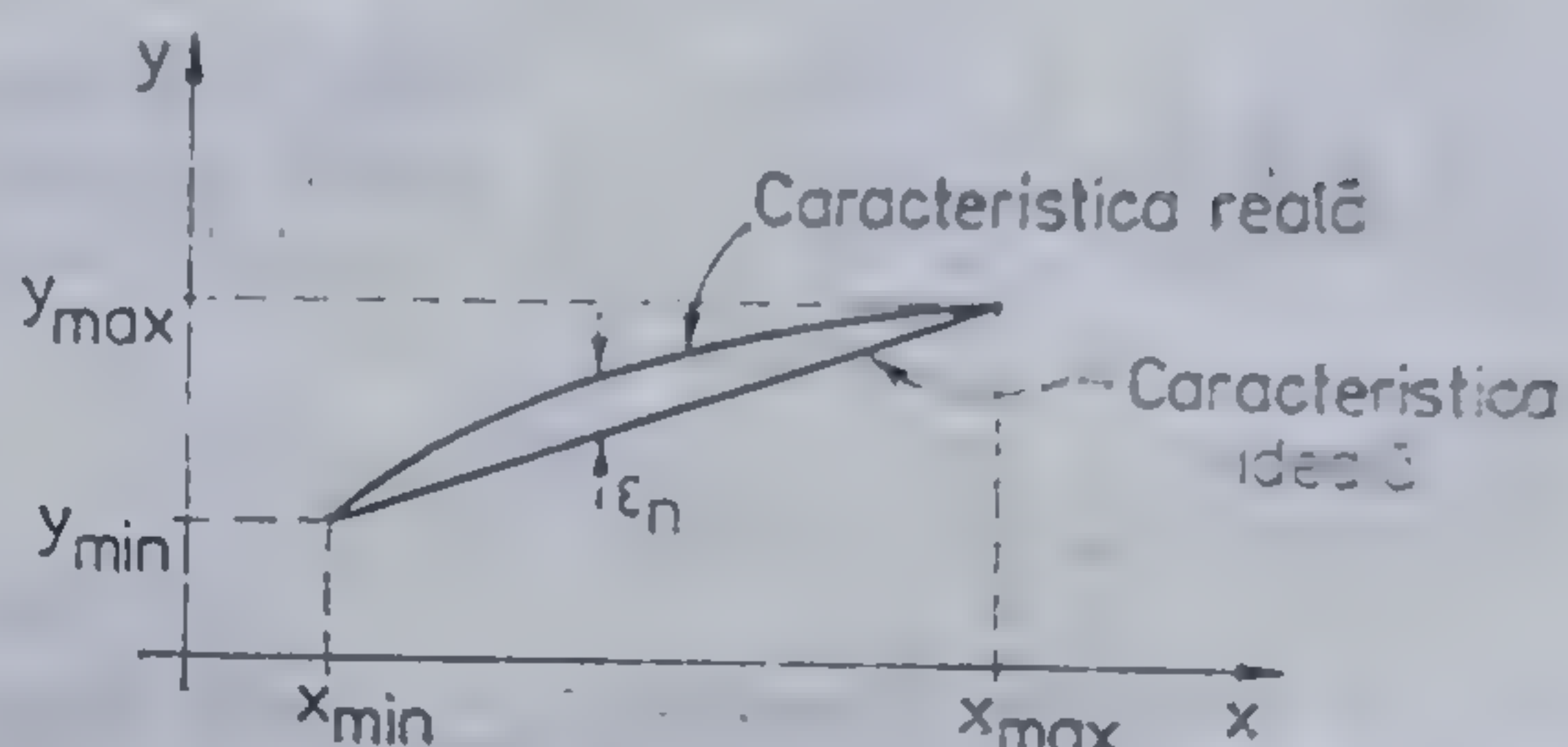
se numește **eroare staționară**, iar  $\epsilon(t): t \in [0, \infty)$  poartă numele de **eroare instantanee**. În sistemele automate eroarea este dependentă de structura sistemului, de tipul semnalelor externe (referință, perturbații), de limitările de putere și amplitudine ale elementelor de execuție, de eroarea traductoarelor și elementelor de execuție. Pentru mărimi externe de tip standard eroarea staționară este



E.d.n. se exprimă adesea sub formă relativă. În procente, prin raportare la domeniul de variație a mărimii de leșire

$$\epsilon_{rn} = \frac{\epsilon_n}{Y_{max} - Y_{min}} \times 100 [\%]$$

Fig. E.17. Aprecierea grafică a erorii de neliniaritate.



E.d.n. se specifică pentru diversele componente ale echipamentelor de automatizare, de obicei pentru traductoare, amplificatoare etc.

**eroare grosieră**, valoare inadmisibilă a erorii de măsurare obținută ca urmare a unor greșeli de metodă, defecte ale aparatelor sau interpretării necorespunzătoare a rezultatelor. E.g. pot fi observate prin aceea că determină rezultate mult diferite de cele care apar la efectuarea corectă a măsurării. Aceste rezultate trebuie eliminate și măsurările respective se refac după eliminarea cauzelor e.g. În cazul măsurărilor de precizie se efectuează teste speciale pentru depistarea e.g.

**eroare sistematică**, componentă a erorii de măsurare caracterizată prin aceea că, la repetarea operației de măsurare folosind aceleași metode și aparate și în aceleași condiții experimentale, apare cu aceeași valoare și același semn. E.s. pot fi de metodă, de aparat sau datorate influenței factorilor perturbatori externi. Evaluarea e.s. se face prin calcul sau experimental, în raport cu particularitățile procesului de măsurare. Ca urmare, e.s. pot fi corectate sau reduse la valori admisibile prin adoptarea corespunzătoare a procedurilor de măsurare.

**eroare tolerată (admisibilă)**, valoare a erorii de măsurare specificată pentru un aparat de măsurat sau traductor care, în condiții corespunzătoare de utilizare, nu poate fi depășită. E. t. poate fi exprimată sub formă absolută sau relativă și valoarea sa definește precizia măsurării ( $\rightarrow$  clasă de precizie).

**eroarea sistemelor automate**, mărimea  $\epsilon(t) = y_{ref}(t) - y(t)$  în care  $y_{ref}(t)$  este mărimea de referință a sistemului automat, iar  $y(t)$  mărimea măsurată. E.s.a. permite aprecierea cantitativă a performanțelor sistemului automat.

Printr-o prelucrare adecvată e.s.a. se constituie în mărimea de comandă a părții fixate ( $\rightarrow$  sistem automat). Dispozitivul ce implementează comparația aditivă poartă numele de comparator diferențial, fiind specific structurii de sistem automat. Mărimea

$$\epsilon_{st} = \lim_{t \rightarrow \infty} \epsilon(t)$$

se numește **eroare staționară**, iar  $\epsilon(t); t \in [0, \infty)$  poartă numele de **eroare instantanee**. În sistemele automate eroarea este dependentă de structura sistemului, de tipul semnalelor externe (referință, perturbații), de limitările de putere și amplitudine ale elementelor de execuție, de eroarea traductoarelor și elementelor de execuție. Pentru mărimi externe de tip standard eroarea staționară este



dependență de gradul de statism al sistemului automat. O caracterizare globală a funcționării unui sistem poate fi făcută pe baza funcționalei

$$\bar{\varepsilon}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T \varepsilon^2(t) dt$$

numită eroare medie pătratică.

Estimator, al sistemului liniar și invariant  $(A, B, C)$ , sistemul

$$\dot{z}(t) = Jz(t) + Ky(t) + Hu(t)$$

$$x(t) = Mz(t)$$

sau

$$\dot{z}(t) = Jz(t) + Ky(t) + Hu(t)$$

$$x(t) = Mz(t) + Ny(t)$$

se numește un e. asimptotic (mai precis un  $F$ -e. asimptotic) strict propriu, respectiv propriu, dacă

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (u(t) - Fx(t)) = 0$$

Dacă  $J$  este o matrice  $l \times l$  (deci  $z \in \mathbb{R}^l$ ) atunci  $l$  se numește ordinul e., iar dacă matricea  $J$  este stabilă ( $\sigma(J) \subset \mathbb{C}^-$ ) atunci e. primește și atributul de stabil. E. reprezintă singura soluție practică de implementare a unei legi de comandă prin reacție după stare în cazul în care starea  $x(t)$  este nemăsurabilă. Construcția unui  $F$ -e. propriu (strict propriu) este posibilă dacă și numai dacă există matricile  $J, K, H, M, N, T$ , astfel încât să fie îndeplinite ecuațiile Luenberger

$$JT - TA + KC = 0$$

$$MT + NC - F = 0 \quad (MT - F = 0)$$

$$L - TB = 0$$

Dacă aceste ecuații se îndeplinesc cu  $J$  stabilă (alocabilă) atunci e. este asimptotic (alocat).

Estimator de funcțională, un estimator se zice de funcțională dacă  $F$  este  $(1 \times n)$ -matrice, adică  $F = f^T$ .

Estimator de lege de reacție, reprezintă cazul particular de  $\rightarrow$  estimator cu  $F = 0$  ( $m \times n$ )-matrice, adică ieșirea sa tinde asimptotic către legea de reacție  $Fx(t)$  a unei  $\rightarrow$  legi de comandă

$$u(t) = Fx(t) + Gv(t)$$

Estimator de stare,  $\rightarrow$  estimator pentru care  $F = I_n$ , adică

$$\lim_{t \rightarrow \infty} [w(t) - x(t)] = 0$$

și deci, ieșirea estimatorului tinde asimptotic spre întregul vector de stare  $x(t)$  al sistemului  $(A, B, C)$ .

Estimator minimal,  $\rightarrow$  estimator la care  $l$  este minim posibil. Un estimator propriu, minimal, utilizat în mod curent este cel având dimensiunea  $l = n - p$ ,



unde  $p = \text{rang } C$ , și care se mai numește *estimator Luenberger*. Un estimator Luenberger de stare este cel avînd

$$\begin{aligned} J &= \bar{A}_{11} + L\bar{A}_{21} \\ K &= -JL + L\bar{A}_{22} + \bar{A}_{12} \\ H &= L\bar{B}_2 + \bar{B}_1 \\ M &= S^{-1} \begin{bmatrix} I_{n-p} \\ 0 \end{bmatrix} \\ N &= S^{-1} \begin{bmatrix} -L \\ I_p \end{bmatrix} \end{aligned}$$

unde

$S = \begin{bmatrix} \tilde{C} \\ C \end{bmatrix}^{n-p}_p$  este o transformare nesingulară ce introduce partițiile

$$\bar{A} = SAS^{-1} = \begin{bmatrix} \bar{A}_{11} & \bar{A}_{12} \\ \bar{A}_{21} & \bar{A}_{22} \end{bmatrix}^{n-p}_p$$

$$\bar{B} = SB = \begin{bmatrix} \bar{B}_1 \\ \bar{B}_2 \end{bmatrix}^{n-p}_p$$

Matricea  $L$  se determină din condiția ca  $J$  să fie stabilă (alocată). Estimatorul Luenberger poate fi alocat (adică  $\sigma(J) = \Lambda_E$  cu  $\Lambda_E$  o mulțime simetrică de  $n - p$  numere complexe) dacă și numai dacă  $(C, A)$  este observabilă, ceea ce implică și  $(\bar{A}_{21}, \bar{A}_{11})$  observabilă. Utilizarea unui e.m. conduce la reducerea dimensională a regulatorului liniar necesar pentru conducerea unui proces.

**estimator unitar**,  $\rightarrow$  estimator la care  $l = n$ , adică dimensiunea sa este egală cu a sistemului. Estimatorul de stare strict propriu, unitar, este descris de

$$\dot{z}(t) = Az(t) + L[Cz(t) - y(t)] + Bx(t),$$

$$w(t) = z(t)$$

și el este alocabil (asimptotic) dacă

$$\sigma(A + LC) = \sigma(J) = \Lambda_E$$

cu  $\Lambda_E$  o mulțime simetrică de  $n$  numere complexe. Implementarea unui e.u. alocabil este posibilă dacă și numai dacă perechea  $(C, A)$  este observabilă. Dacă perechea  $(C, A)$  este numai detectabilă atunci se poate construi un e.u. asimptotic la care alocarea se face numai la nivelul subspațiului de  $\rightarrow$  observabilitate. E. u. se mai numește și *estimator Kalman*.

**eașalon redus (pe linii (coloane))**, al unei  $\rightarrow$  matricei polinomiale  $P(s)$  de tip  $(p \times m)$  este o formă particulară de scriere  $E(s) \rightarrow$  unimodular echivalentă cu  $P(s)$ .  $E(s)$  este sub formă de c.r. pe linii (Hermite normală pe linii) dacă



$e_{ij}(s)$  fiind primul element (de la stînga la dreapta) nenul din linia  $i$ , atunci pentru  $k = i + 1, i + 2, \dots, p$ ,  $e_{kj}(s) = 0$ , iar pentru  $k = 1, 2, \dots, i - 1$ ,  $\partial[e_{kj}(s)] < \partial[e_{ij}(s)]$ , dacă  $\partial[e_{ij}(s)] \geq 1$  și  $e_{kj}(s) = 0$  dacă  $e_{ij}(s) = ct$ ; în unele cazuri se pretinde în plus ca  $e_{ij}(s)$  să fie monic. O  $p \times m$  matrice  $E(s)$  este în forma de e.r. pe coloane (Hermită normală pe coloane) dacă  $E^T(s)$  este în forma de e.r. pe linii. Orice  $(p \times m)$  matrice  $P(s)$  este unimodular echivalentă la stînga (dreapta) cu o matrice în forma de e.r. pe linii (coloane). Construcția formei de e.r. se face cu  $\rightarrow$  algoritmul de e.r. Forma de e.r. la matrici polinomiale permite calculul  $\rightarrow$  zerourilor unei matrici. În cazul matricilor numerice, forma de e.r. se particularizează imediat din considerațiile anterioare și permite calculul domeniului, subspațiului ortogonal și nucleului transformării reprezentate prin matricea respectivă.

**etalon**, realizarea fizică a unei unități de măsură, a unui multiplu sau submultiplu a acesteia. Se disting următoarele trei categorii de e.: de definiție, de conservare și de transfer. E. de definiție sînt acelea care asigură generarea principalelor unități de măsură în conformitate cu definițiile lor, pe care le realizează experimental. E. de conservare servesc pentru menținerea (conservarea) unităților de măsură în laboratoarele metrologice. Ele sînt caracterizate printr-o mare stabilitate în timp și față de influențele exterioare, precum și prin proprietatea de reproductibilitate. E. de transfer sînt cele utilizate pentru etalonarea tuturor tipurilor de aparate de măsurat și traductoare în intervale largi de variație a mărimilor de măsurat. E. de transfer pot fi aparate de măsurat de tipuri și execuții speciale, de mare precizie.

**euristic**, caracter atribuit unor algoritmi a căror elaborare nu se bazează pe principii de riguroasă justificare teoretică, ci pe experiența, intuiția sau inspirația proiectantului. Spre deosebire de alte alternative, algoritmi e. conduc adesea la reduceri spectaculoase a timpului de execuție a unei operații date (de ex., obținerea optimului prin metode de căutare), chiar dacă nu este posibil a demonstra teoretic că nu există o altă metodă mai potrivită pentru cazul respectiv.

**evenimentul punerii în funcțiune a unui automat**, eveniment prin care se inițiază o evoluție care poate fi regăsită în stări. Dacă evenimentul are o configurație prestabilită, mereu aceeași, starea se numește *stare de pornire*. Dacă evenimentul punerii în funcțiune nu este specificat, sau dacă secvența de intrare care interesează se aplică atunci cînd automatul nu este în stare de pornire, starea corespunzătoare se numește *stare inițială*, iar starea în care se găsește automatul după aplicarea secvenței se numește *stare finală*. Fie  $X_u$  mulțimea stărilor inițiale ale unui automat. Dacă  $1 < \text{Card } X_u < \text{Card } X$  automatul se numește strict slab inițial, iar dacă  $1 \leq \text{Card } X_u < \text{Card } X$  automatul se numește slab inițial. Dacă  $\text{Card } X_u = 1$  automatul este inițial și se folosește notația  $A = [U, X, Y, \varphi, \eta, x_0]$ , unde  $x_0 = X_u$  este starea inițială. Dacă  $\text{Card } X_u = X$ , automatul se numește neinițial.

**exosistem**  $\rightarrow$  generator de semnale externe.

**extrapolare a unei funcții**,  $f^* : \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{R}$ , metodă aproximativă de construcție a funcției  $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  astfel încît

$$f(t_{k+}) = f^*(t_{k+})$$

În fapt, aceasta este o problemă de predicție deoarece pe baza informațiilor discrete  $f^*(t_i) : i = 1, \overline{k}$  (din trecut) se aproximează valorile funcției



$f(t): t \in [t_k, t_{k+1})$  (în viitor). Metodele uzuale de extrapolare se bazează pe seria Taylor

$$f(t) = f(t_k) + f'(t_k) \frac{t - t_k}{1!} + f''(t_k) \frac{(t - t_k)^2}{2!} + \dots; t \geq t_k$$

ordinul la care se trunchiază seria stabilind ordinul extrapolării și evident precizia ei. De menționat că derivatele se calculează pe baza datelor  $f^*(t_k)$  astfel:

$$f'(t_k) = \frac{1}{t_k - t_{k-1}} [f^*(t_k) - f^*(t_{k-1})]$$

$$f''(t_k) = \frac{1}{(t_k - t_{k-1})^2} [f^*(t_k) - 2f^*(t_{k-1}) + f^*(t_{k-2})] \text{ etc.}$$

Cazul cel mai utilizat este cel al unei perioade de discretizare constante, adică  $t_k - t_{k-1} = h, t_k = kh, \forall k$ . Dispozitivul tehnic ce realizează operația de extrapolare se numește *extrapolator* (sau element de refacere). Creșterea ordinului de derivare în calculul lui  $f(t)$  introduce complicații de calcul și întârzieri mari în sistem; de aceea trunchierea seriei se face la cel mult derivata de ordin unu.

**extrapolator de ordin 0**, element de extrapolare prin trunchierea seriei Taylor la derivata de ordin zero, deci (pentru  $h = \text{ct.}$ ) rezultă

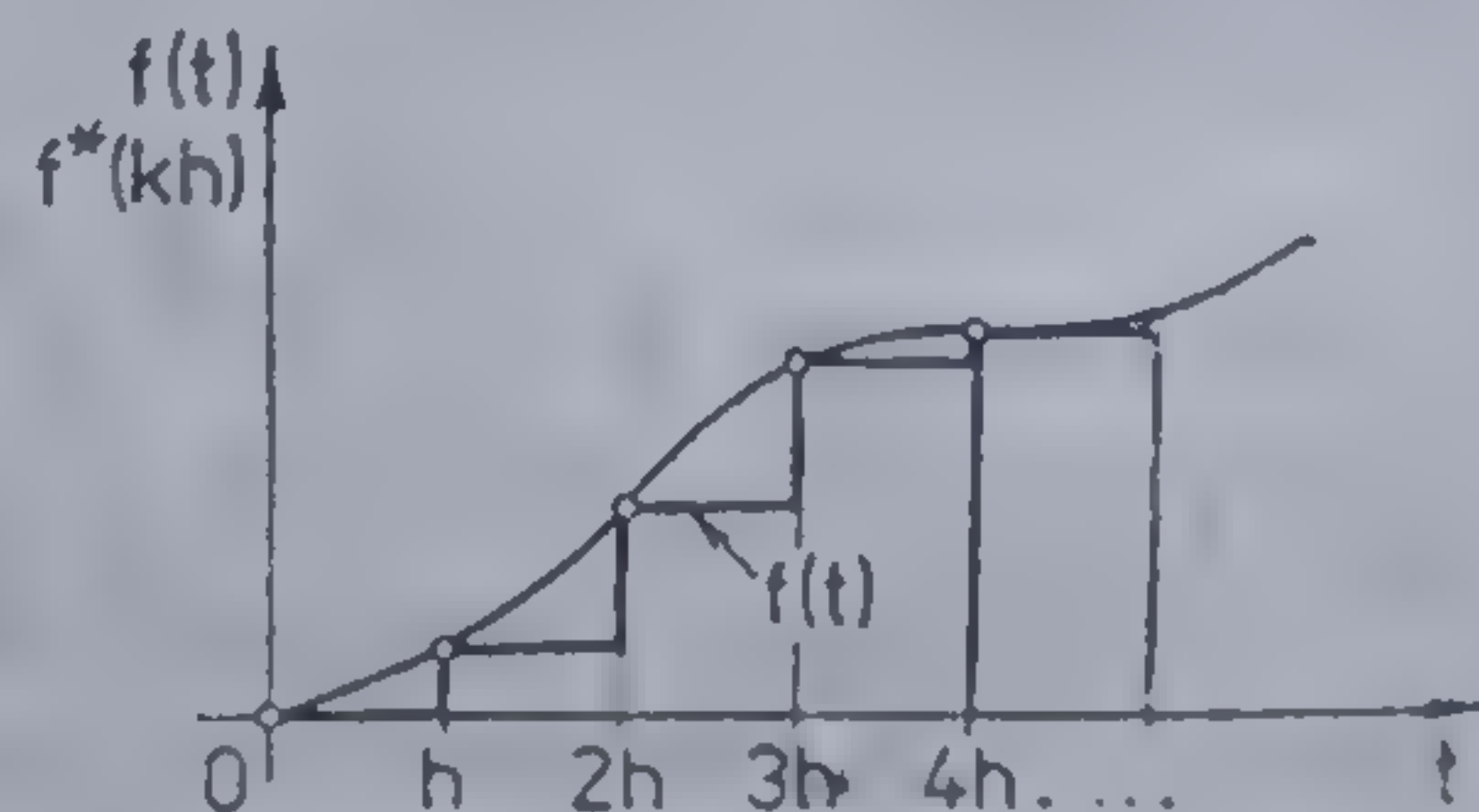
$$f(t) = f^*(kh), t \in [kh, (k+1)h]$$

corespunzând deci unui sistem avînd funcția de transfer

$$H_{E_0}(s) = \frac{1 - e^{-hs}}{s}$$

Operația efectuată de un e. de o. 0 este reprezentată în fig. E.18.

Fig. E.18. Caracteristica funcțională a unui extrapolator de ordin 0.



**extrapolator de ordin 1**, dispozitiv de extrapolare a unei funcții, care realizează trunchierea seriei Taylor la derivata de ordin unu, deci (pentru  $h = \text{ct.}$ )

$$\begin{aligned} f(t) &= f(kh) + f'(kh) (t - kh) = \\ &= f(kh) + \frac{f^*(kh) - f^*[(k-1)h]}{h} (t - kh), t \in [kh, (k+1)h] \end{aligned}$$



Ca sistem, el corespunde unei funcții de transfer

$$H_{E_1}(s) = \frac{1 + hs}{h} \left( \frac{1 - e^{-sh}}{s} \right)^2$$

Operația efectuată de un e. de o. 1. este reprezentată în fig. E.19.

extrapolator exponențial, aproximare a extrapolatorului de ordin zero, în sensul că

$$e^{-hs} = \frac{1}{e^{hs}} \approx \frac{1}{1 + hs}$$

deci funcția de transfer a e. e. este

$$H_{EE}(s) = \frac{h}{1 + hs}$$

Operația efectuată de un e. e. este reprezentată în fig. E.20.

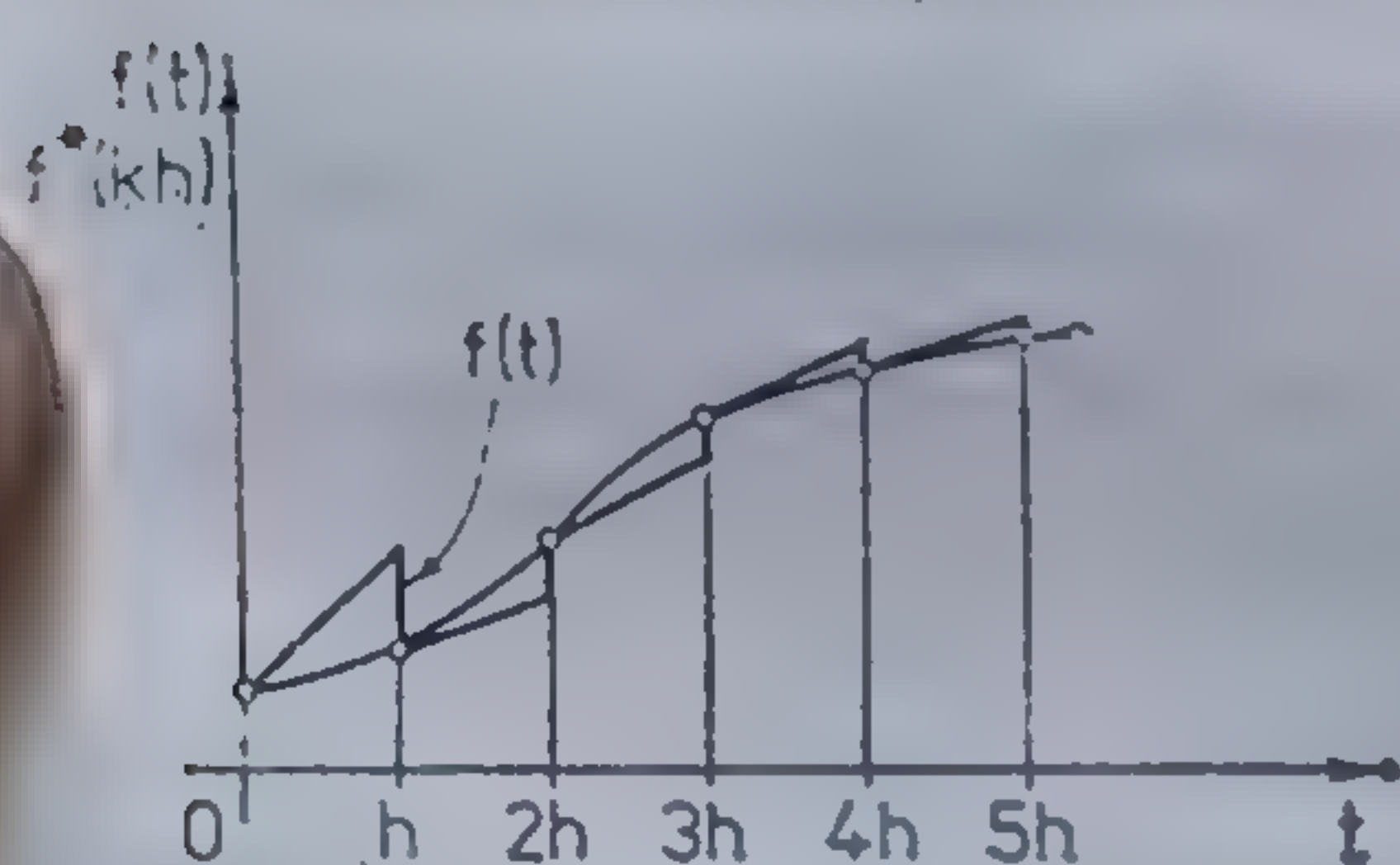


Fig. E.19. Caracteristica funcțională a unui extrapolator de ordin 1.

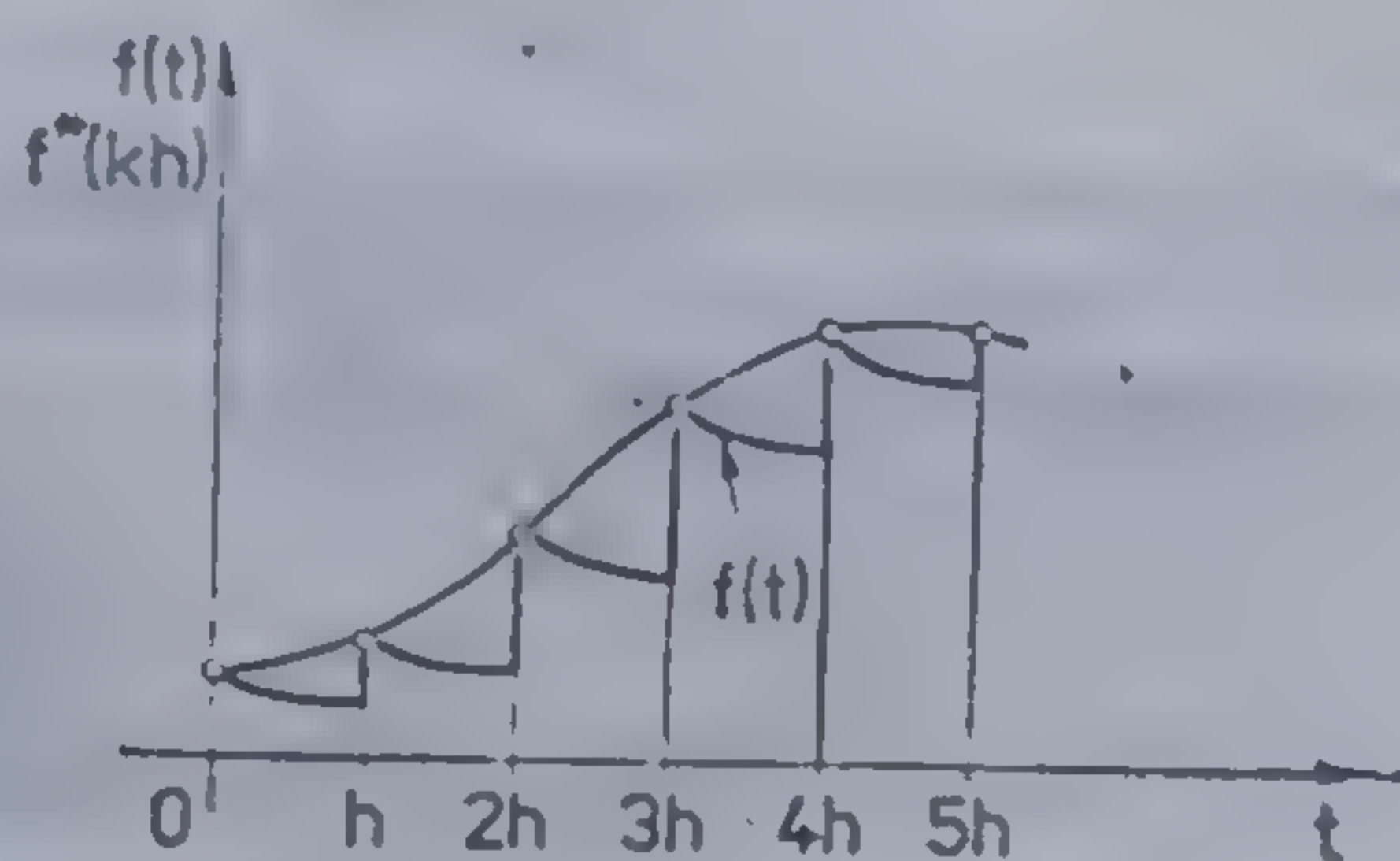


Fig. E.20. Caracteristica funcțională a unui extrapolator exponențial.

extrapolator fracționar, → extrapolator de ordin unu modificat, în sensul că derivata de ordinul întâi se ponderează cu un coeficient  $c \in (0, 1)$ ; ca urmare e. f. funcționează după relația

$$\begin{aligned} f(t) &= f(kh) + cf'(kh)(t - kh) = \\ &= f(kh) + c \frac{f^*(kh) - f^*[(k-1)h]}{h} (t - kh), \quad t \in [kh, (k+1)h] \end{aligned}$$

E. f. îi corespunde funcția de transfer

$$H_{EC}(s) = (1 - ce^{-hs})H_{E_0}(s) + \frac{c}{1 + hs} H_{E_1}(s)$$



factor de amplificare de regim dinamic, coeficientul

$$k = \frac{b_m}{a_n}$$

dedus din

$$H(s) = k \frac{s^m + \tilde{b}_{m-1}s^{m-1} + \dots + \tilde{b}_2s^2 + \tilde{b}_1s + \tilde{b}_0}{s^\alpha (s^{n-\alpha} + \tilde{a}_{n-1}s^{n-\alpha-1} + \dots + \tilde{a}_{\alpha+2}s^2 + \tilde{a}_{\alpha+1}s + \tilde{a}_\alpha)}$$

care se numește funcție de transfer cu evidențierea factorului de amplificare de regim dinamic. Între f. de a. de r. d. și  $\rightarrow$  factorul de amplificare de regim staționar există relația:

$$K = k \frac{\prod_{i=1}^m (-z_i)}{\prod_{j=1}^n (-p_j)}$$

unde  $z_i$  reprezintă rezourile funcției de transfer, respectiv  $p_j$  sînt polii disc-riți de zero ai acesteia.

factor de amplificare de regim staționar (stabilizat), pentru un sistem linier și invariant cu o intrare și o ieșire, descris de funcția de transfer

$$H(s) = \frac{b_ms^m + b_{m-1}s^{m-1} + \dots + b_2s^2 + b_1s + b_0}{s^\alpha (a_ns^{n-\alpha} + a_{n-1}s^{n-\alpha-1} + \dots + a_{\alpha+2}s^2 + a_{\alpha+1}s + a_\alpha)}$$

cu  $\alpha \geq 0$  este coeficientul  $k = \frac{b_0}{a_\alpha}$ , iar:

$$H(s) = \frac{\bar{b}_ms^m + \bar{b}_{m-1}s^{m-1} + \dots + \bar{b}_2s^2 + \bar{b}_1s + 1}{s^\alpha (\bar{a}_ns^{n-\alpha} + \bar{a}_{n-1}s^{n-\alpha-1} + \dots + \bar{a}_{\alpha+2}s^2 + \bar{a}_{\alpha+1}s + 1)}$$

se numește forma de scriere a funcției de transfer  $H(s)$  care evidențiază f. de a.de r.s.

factori invarianti, ai unei matrici polinomiale  $P(s)$ , polinoame monice  $\delta_i(s)$  din  $\rightarrow$  forma diagonal canonică (Smith), care au  $\partial [\delta_i(s)] \neq 0$ . Toate matricile  $\rightarrow$  unimodular echivalente au aceiași f.i.



factorizare a unei  $(p \times m)$  — matrici raționale  $T(s)$ , orice descompunere

$$T(s) = R(s)P_c^{-1}(s) \quad (\text{factorizare la dreapta})$$

$$T(s) = P_0^{-1}(s)Q(s) \quad (\text{factorizare la stînga})$$

unde  $R(s)$ ,  $Q(s)$  (reprezentînd numărătorul factorizării),  $P_c(s)$ ,  $P_0(s)$  (reprezentînd numitorul factorizării) sînt matrici polinomiale de dimensiuni corespunzătoare. Dacă  $R(s)$ ,  $Q(s)$  și  $P_c(s)$ ,  $P_0(s)$  sînt coprime ( $\rightarrow$  divizor) la dreapta (stînga) atunci factorizarea

$$T(s) = R(s)P_c^{-1}(s) (= P_0^{-1}(s)Q(s))$$

este o factorizare primă la dreapta (stînga). Factorizarea matricii raționale  $T(s)$  permite determinarea unei  $\rightarrow$  realizări a sistemului liniar și invariant reprezentat prin  $T(s)$ , precum și a  $\rightarrow$  realizării minime a acestuia.

factorizare a unui homomorfism,  $f: U \rightarrow Y$ , prin  $A$ -modulul  $X$ , reprezentarea  $f = \eta \circ \varphi = \eta(\varphi(u))$ , cu

$$\varphi: U \rightarrow X$$

$$\eta: X \rightarrow Y$$

homomorfisme ale  $A$  — modulelor  $U$ ,  $X$ ,  $Y$ . Homomorfismul  $f$  se numește compunerea homomorfismelor  $\varphi$  și  $\eta$ .

factorizare canonică, cazul particular al unei factorizări a homomorfismului  $f$

$$f = \eta \circ \varphi$$

în care  $\varphi$  este un morfism epic (epimorfism), iar  $\eta$  un morfism monic (monomorfism). F.e. asigură dimensiune minimă pentru  $A$  — modulul  $X$ , în teoria sistemelor aceasta fiind problema determinării unei  $\rightarrow$  realizări minime (canonice) a sistemului.

Federația Internațională de Automatică (IFAC — International Federation of Automatic Control), organizație constituită în septembrie 1956 la Heidelberg, cu ocazia Conferinței internaționale de reglare automată ținută sub egida Organizației germane a inginerilor și avînd ca scopuri principale: întrajutorarea științifică în problemele ridicate de conducerea automată, schimb de informații, organizarea de congrese și conferințe internaționale. Fiecare țară — membră IFAC — poate fi reprezentată în cadrul Federației de un grup restrîns de specialiști naționali în domeniul conducerii automate. În cadrul IFAC sînt organizate mai multe comitete tehnico-științifice pe următoarele probleme: teoria conducerii automate; mijloace (aparatură) tehnice pentru automatică și telemecanică; automatizarea proceselor industriale; terminologie și simboluri; învățămînt; bibliografie; determinarea politicii de editare a Federației. În iulie—august 1960 a avut loc la Moscova primul Congres internațional IFAC pentru conducerea automată, cu o largă participare internațională. Comitetul IFAC pentru teoria conducerii automate a organizat în 1962 la Roma un Simpozion internațional de sisteme auto-adaptive, iar în septembrie 1962 la Moscova — un Simpozion internațional de automate finite și scheme cu relee. Comitetul IFAC pentru bibliografie a început în 1961 să editeze în limbile engleză și franceză buletine informative asupra literaturii tehnice ce se referă la conducerea automată, iar comitetul de editare din cadrul IFAC a început să publice un periodic, în limba engleză, pe probleme de conducere automată. IFAC organizează congrese



internaționale la intervale de 3 ani, iar între congrese numeroase conferințe și simpozioane sub egida comitetelor tehnico-științifice. România — membru fondator al IFAC — participă activ la activitățile acestei federații.

**fiabilitate**, capacitatea unui sistem (element, dispozitiv, componentă) de a se încadra în indicatorii de performanță impuși în decursul unui anumit interval de timp, în condiții date. Cantitativ, *f.* unui sistem este reprezentată de probabilitatea ca acesta să-și îndeplinească funcțiile cu anumite performanțe și fără defecțiuni în decursul unui interval de timp  $t$ , respectând regulile de exploatare specificate. Intervalul de timp  $T$  în care sistemul funcționează fără defecțiuni se numește *timp de bună funcționare* și dat fiind caracterul întâmplător al apariției defectelor, evaluarea sa se poate face numai în sens probabilistic. Funcția de *f.*  $R(t)$  a unui sistem se exprimă prin relația

$$R(t) = \text{Prob} (T > t)$$

În afara funcției  $R(t)$  se mai utilizează ca indicatori cantitativi ai *f.* următorii:

frecvența de apariție a defectelor  $f(t) = -\frac{dR(t)}{dt}$ ; media timpului de bună

funcționare  $MTBF = \int_0^{\infty} t f(t) dt$ ; intensitatea de apariție a defectelor  $\lambda = \frac{f(t)}{R(t)}$ .

Parametrii de *f.* cei mai utilizați sînt  $MTBF$  și  $\lambda$ . Pentru  $\lambda = \text{ct.}$  rezultă o repartiție exponențială pentru factorii de *f.* din care se poate deduce o

legătură directă între cei doi parametri:  $MTBF = \frac{1}{\lambda}$ . În evaluarea practică

a *f.* se disting următoarele etape: a) *f. precalculată* sau *previzională*, obținută prin calcul în faza de concepție a sistemului pe baza datelor asupra componentelor, pieselor, materialelor utilizate și a modului în care acestea intervin în configurația sistemului; b) *f. tehnică* sau *nominală*, determinată în faza de producție prin încercări de laborator în anumite regimuri de funcționare normate; c) *f. operațională*, obținută în condiții reale de exploatare sub acțiunea complexă a tuturor factorilor care intervin efectiv în funcționare.

**fibră optică**, fir foarte subțire din sticlă, avînd o compoziție specială, prin intermediul căruia se poate propaga o undă luminoasă modulată. Ele sînt utilizate în sistemele de comunicații optice în care informația este transmisă cu ajutorul unor semnale de radiație luminoasă; în aceste sisteme fibrele de sticlă sînt folosite ca ghiduri de undă optice, de bandă largă. Avantajele principale ale transmisiilor prin *f. o.* sînt: diametrele reduse (sub 100  $\mu\text{m}$ ) și ca urmare posibilitatea realizării de cabluri cu număr mare de canale, diafonia foarte redusă între canale datorită imunității la interferențe electromagnetice, atenuarea relativ mică, ajungînd sub 3 dB/km, posibilitatea de transmisie într-o bandă largă de frecvențe (inclusiv a radiațiilor laser). Pentru exemplificare se menționează realizarea unei transmisii cu o capacitate de 12 000 canale telefonice la o distanță de 100 km printr-un cablu cuprinzînd 36 de *f. o.* Depășirea dificultăților privind tehnologia de fabricație a *f. o.* și a aparaturii anexe va conduce la o largă folosire a *f.o.* nu numai în rețelele telefonice, ci și în transmisiile de date, video, de facsimile etc.

**filtrare**, transformare a unui semnal  $x(t)$  într-un semnal  $y(t)$  printr-o dependență dată fie de o funcțională  $L_t(x(\tau))$ , care asociază realizării  $x(\tau)$



și, unui moment de timp  $t$ , valoarea

$$y(t) = L_t(x(\tau)) \quad (1)$$

fie printr-o dependență fixată de o ecuație diferențială

$$\frac{d^n y}{dt^n} = f(t, x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)}, y, \dots, y^{(n-1)}) \quad (2)$$

Dacă pentru oricare moment de timp  $t$  funcționala (1) depinde numai de o realizare  $x(\tau)$  pe un interval  $\tau < t$ , atunci f. poate fi realizată în timp real pe un dispozitiv tehnic fizic realizabil. Pentru f. cu ajutorul unui dispozitiv realizabil fizic în cazul (2) este necesară cunoașterea condițiilor inițiale. În cazul în care funcționala (1) este dependentă de realizarea  $x(\tau)$  numai pe un interval  $(t - T, t)$  atunci filtrul se numește cu memorie finită. Dacă dependența funcțională este numai de valori discrete  $x_i(t_i)$  atunci filtrul se numește discret.

**filtru**, dispozitiv de prelucrare a semnalelor în sisteme de conducere a proceselor sau de transmitere a informației, realizat fie sub formă de program, în vederea asigurării prin calcul numeric a funcțiilor de estimare a stării, de reconstituire a datelor, de separare a semnalelor care coexistă pe un canal informațional, fie ca un circuit electric ce permite netezirea semnalelor de ieșire ale elementelor analogice și separarea informației utile de zgomot la măsurarea mărimilor din proces.

**filtru adaptat**, filtru logic folosit pentru limitarea erorilor de transmisie a semnalelor prin recepția optimă a lor. Dacă zgomotul aditiv este gaussian, circuitul optimal de filtrare este un filtru liniar a cărui funcție de transfer depinde de forma semnalului și de repartiția spectrală a zgomotului.

**filtru de bandă**, circuit electric de tip cuadripol care asigură netezirea semnalelor de ieșire ale redresoarelor, demodulateoarelor sau discriminatoarelor. F. de b. permit trecerea semnalelor electrice de curent alternativ a căror frecvență se află într-un anumit interval (*filtru trece bandă* — *FTB*), sau în afara unor limite fixate (*filtru trece jos* — *FTJ*, respectiv *filtru trece sus* — *FTS*). Problema practică a sintezei f. de b. în domeniul frecvenței constă în a găsi rețeaua cu număr minim de elemente active (de ex., amplificatoare operaționale) și pasive, care aproximează cât mai bine o funcție de transfer dată. Factorii de grad 1 și 2 ce intervin în funcția cu care se aproximează caracteristica f. de b. dorit sînt de forma:

$$F(s) = \frac{1}{1 + \tau s} \quad \text{pentru factor de grad 1}$$

$$F_{2J}(s) = \frac{1}{1 + a\tau s + b\tau^2 s^2} \quad \text{pentru FTJ}$$

$$F_{2B}(s) = \frac{K\tau s}{1 + a\tau s + b\tau^2 s^2} \quad \text{pentru FTB}$$

$$F_{2S}(s) = \frac{K\tau^2 s^2}{1 + a\tau s + b\tau^2 s^2} \quad \text{pentru FTS}$$



filtru de restabilire, element de reconstituire a datelor în sistemele cu eșantionare, care îndepărtează benzile laterale din semnalul eșantionat  $e^*(t)$ , înainte ca acesta să fie aplicat elementului de execuție (fig. F.1). Reconstituirea informației se poate face prin extrapolare polinomială, prin dispozitive de extrapolare (de reținere) de ordin zero, unu, fracționar sau exponențial

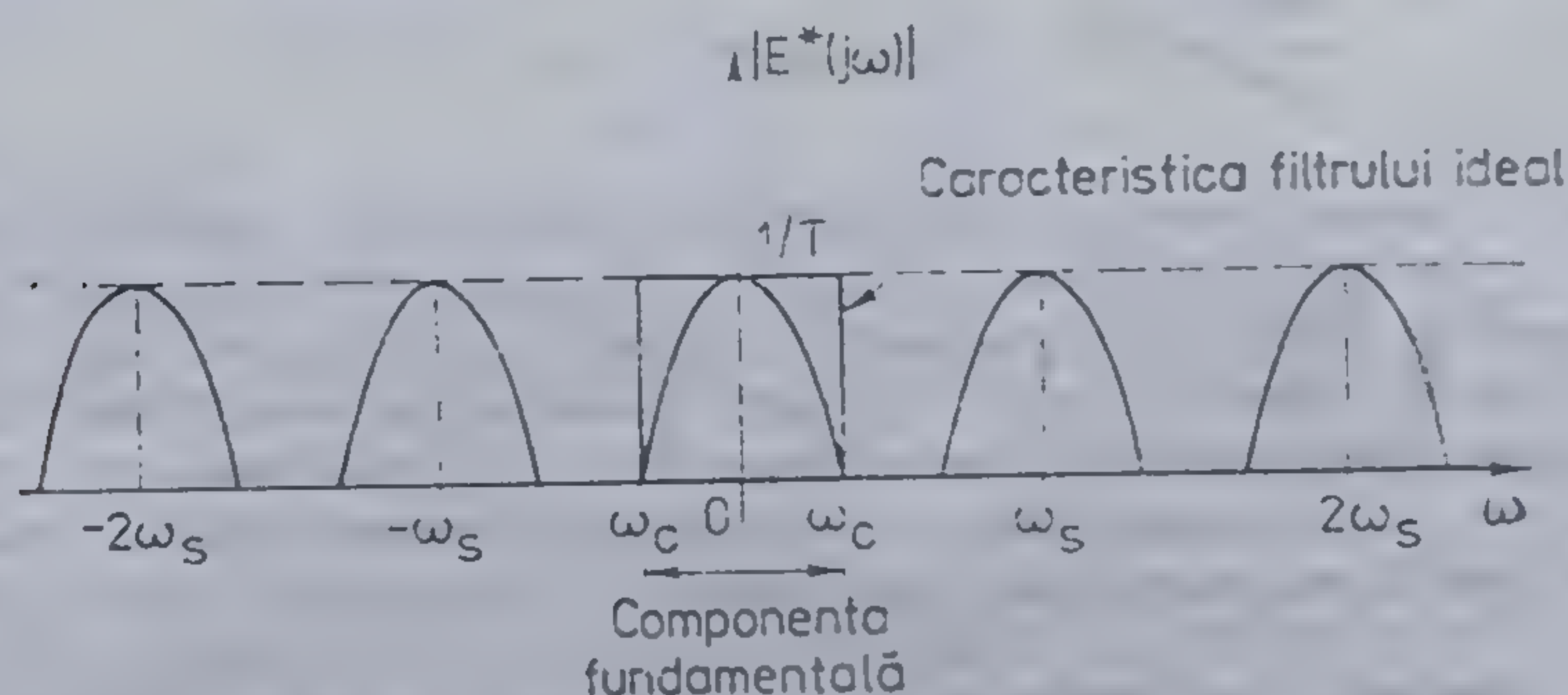


Fig. F.1. Caracteristica de frecvență a unui filtru de restabilire.

filtru Kalman—Bucy, dispozitiv sau program capabil să implementeze un algoritm de estimare a celei mai bune aproximări (în sensul minimizării erorii medii pătratice) pentru variabilele de stare asociate unui sistem dinamic liniar perturbat aleator, pe baza mărimilor măsurabile ale sistemului care sînt, de asemenea, afectate de zgomote aleatoare. Considerînd sistemul dinamic liniar, cu timp discret

$$x(k+1) = A(k)x(k) + \Gamma(k)\xi(k)$$

$$y(k) = C(k)x(k) + \zeta(k)$$

în care  $\xi(k)$ ,  $\zeta(k)$  sînt variabile aleatoare la momentul  $k$ , caracterizate statistic prin  $\rightarrow$  valori medii și matrici de covarianță, ecuațiile f. K—B. sînt:

$$\hat{x}(k) = \bar{x}(k) + L(k)[y(k) - C(k)\bar{x}(k)]$$

unde

$$\bar{x}(k+1) = A(k)\hat{x}(k) + \Gamma(k)\bar{\xi}(k)$$

și  $x_0$  dat, iar

$$L(k) = P(k) \cdot C^T(k) \cdot R^{-1}(k)$$

$$M(k+1) = A(k)P(k)A^T(k) + \Gamma(k)Q(k)\Gamma^T(k)$$

$$P(k) = M(k) - M(k)C^T(k)[C(k)M(k)C^T(k) + R(k)]^{-1}C(k)M(k)$$

în care  $Q(k)$ ,  $R(k)$  sînt matricile de covarianță asociate variabilelor aleatoare  $\xi(k)$ ,  $\zeta(k)$ . În mod similar se definește f. K—B. pentru cazul sistemelor dinamice continue, perturbate aleator.

filtru logic, dispozitiv construit cu elemente de circuit discrete (de ex., circuite integrate numerice) ce realizează o serie de operații logice pentru separarea și eliminarea unor componente ale unui vector binar sau a unor caractere dintr-un mesaj transmis.



filtru numeric, program de calcul numeric implementat în sistemele de conducere cu calculator a proceselor, prin care se separă semnalul util de zgomotul cu care coexistă pe un canal de achiziție a informației din proces. F.n. este necesar în sistemele cu eșantionare din cauza fenomenului de interferență a semnalelor cu frecvențe înalte. Filtrarea numerică presupune discretizarea funcției de transfer  $H_F(s)$  asociate elementului de filtrare. De ex.

$$H_F(s) = \frac{1}{1 + T_F s}$$

Semnalul  $y_k = y(kT)$  la ieșirea f.n. are expresia

$$y_k = y_{k-1} + \frac{T}{T + T_F} (u_k - y_{k-1}) = y_{k-1} - K_F (u_k - y_{k-1})$$

unde  $T$  este perioada de eșantionare și  $u_k$  este valoarea curentă a intrării în f.n. la momentul  $k$  de eșantionare. Filtrarea numerică implică operații aritmetice și de acces la memoria de lucru, activate în ordinea: memorarea ultimei valori a ieșirii,  $y_{k-1}$ , scăderea ei din intrarea curentă,  $u_k$ , înmulțirea cu o constantă și adunarea rezultatului la valoarea memorată. Noua valoare,  $y_k$ , este suprainscrisă în memoria de lucru peste vechea valoare,  $y_{k-1}$ , înlocuind-o la următorul moment de eșantionare. Constanta de filtrare  $K_F$  poate fi fixă (înscrisă în memoria fixă PROM) sau variabilă (calculată separat și înscrisă periodic în memoria de lucru RAM). Filtrarea numerică se poate realiza prin calcule complexe, de tip: grupări de date, medii ponderate, metoda celor mai mici pătrate, ș.a.

filtru secvențial liniar, filtru logic realizat cu ajutorul registrelor de deplasare și a sumatoarelor modulo 2, ce pot prelucra secvențe de simboluri binare în vederea realizării unor operații de codificare, decodificare, selecție. Structura f.s.l. pentru codificare și a f.s.l. invers pentru decodificare se determină în funcție de numărul simbolurilor informaționale, transmise și de numărul

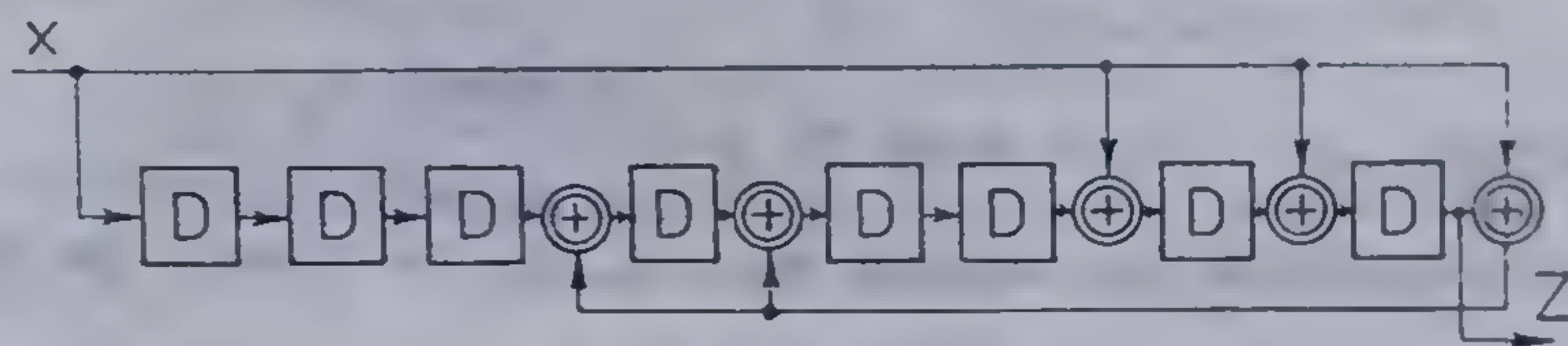


Fig. F.2. Schema logică a unui filtru secvențial liniar.

maxim de erori ce trebuie corectate. În fig. F.2 este reprezentat un f.s.l. cu număr minim de elemente de întârziere, corespunzător funcției de transfer intrare/ieșire

$$H = \frac{Z}{X} = \frac{D^8 \oplus D^5 \oplus D^4 \oplus D^2 \oplus D}{D^5 \oplus D^4 \oplus I}$$

unde  $D^k$  este un operator algebric a cărui acțiune se traduce prin întârzierea simbolului logic asupra căruia acționează cu  $k$  tacte.

finitate, proprietate a unui sistem  $S = (A, B, C)$  conform căreia acesta este finit dimensional, dacă  $X$  este un spațiu liniar de dimensiune finită;



dimensiunea sistemului este dimensiunea spațiului de stare. Un sistem  $S$  este cu număr finit de stări dacă  $X$  este o mulțime finită. Si în sfârșit un sistem  $S$  este finit dacă  $X, U, Y$  sînt mulțimi finite,  $T = \mathbb{Z}$  (sistemul este discret) și sistemul este invariant în timp.

**fișă tehnologică de programare** (la mașini-unelte), document care conține datele de prelucrare a unei piese, cu elementele constructive și tehnologice necesare, și care servește ca bază pentru întocmirea programului piesă.

**fișier**, mulțime de informații, cu o organizare bine determinată, ce caracterizează un anumit element sau activitate în cadrul unui proces de conducere sau de calcul. F. sînt păstrate pe diverse suporturi (benzi sau discuri magnetice, cartele, benzi perforate, memorie centrală etc.). Elementele componente ale f. se numesc înregistrări. Înregistrările unui f. pot fi organizate într-un mod independent de aplicație (f. *logic*) sau într-un mod dependent de înțelesul înregistrărilor (f. *cu organizare nedefinită*). Cînd înregistrările conțin date, f. de date constituie și baza de date ( $\rightarrow$  **bază de date**) a unei aplicații.

**fluid**, agent de lucru, purtător de informație și energie, în sistemele hidraulice și pneumatice de automatizare. Sistemele hidraulice folosesc ca f. uleiuri minerale sau uleiuri sintetice din polimeri ai oxidului de siliciu și compuși pe bază de eter. În sistemele pneumatice f. purtător de energie este aerul atmosferic sau un gaz sub presiune.

**format de frază**, mod de dispunere a cuvintelor într-o frază. În f. de f. cu adresă fiecare cuvînt conține o adresă. F. de f. se caracterizează prin faptul că numărul cuvintelor este același în toate frazele, ordinea cuvintelor este aceeași în fiecare frază, iar numărul de caractere dintr-un cuvînt, în fiecare poziție a frazei, este constant. F. de f. tabelar este acela în care primul caracter al fiecărui cuvînt este un simbol de tabelare orizontală și în care caracterele sînt prezentate într-o ordine precisă.

**formă canonică conjunctivă**, modalitate de a reprezenta o funcție booleană după expresia:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_m) = \bigcap_{(x_1, x_2, \dots, x_m)} (x_1^{\alpha_1} \cup x_2^{\alpha_2} \cup \dots \cup x_m^{\alpha_m}) \text{ pentru valorile } „0”$$

ale ieșirilor  $y(x_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$ , unde  $x_i^{\alpha_i} = \begin{cases} \bar{x}_i & \text{pentru } \alpha_i = 1 \\ x_i & \text{pentru } \alpha_i = 0 \end{cases}$

De ex. pentru funcția de trei variabile  $y(x_1, x_2, x_3)$  din tabelul din fig. F.3

$$y_{FCC} = (x_1 \cup x_2 \cup x_3)(x_1 \cup x_2 \cup \bar{x}_3)(x_1 \cup \bar{x}_2 \cup \bar{x}_3)(\bar{x}_1 \cup x_2 \cup x_3)(\bar{x}_1 \cup x_2 \cup \bar{x}_3)$$

Scrierea în f.c.e. se numește și *scriere după zerouri*, iar termenul de conjuncție format din disjuncțiile tuturor variabilelor ce definesc funcția se numește *maxtermen* sau *constituent al zeroului*. F.c.e. se pretează la implementarea directă cu circuite *NICI*, prin înlocuirea directă a operatorilor logici *SI*, *SAU*, *NU* cu operatori logici *NICI*. De remarcat că f.c.e. nu este de regulă redusă (minimală).

Pentru exemplul dat, notînd cu  $\downarrow$  operatorul *NICI*,  $x_1 \cup x_2 \cup x_3 = \downarrow(\downarrow x_1, \downarrow x_2, \downarrow x_3)$

$$y_{FCC} = \downarrow(\downarrow(x_1, x_2, x_3)(x_1, x_2(\downarrow x_3))(x_1, (\downarrow x_2)(\downarrow x_3))((\downarrow x_1), x_2, x_3)((\downarrow x_1),$$

$$x_2, (\downarrow x_3)))$$

iar schema de implementare este dată în fig. F.4.



$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

Fig. F.3. Diagrama intrare-ieșire pentru funcția booleană  $y = f(x_1, x_2, x_3)$ .

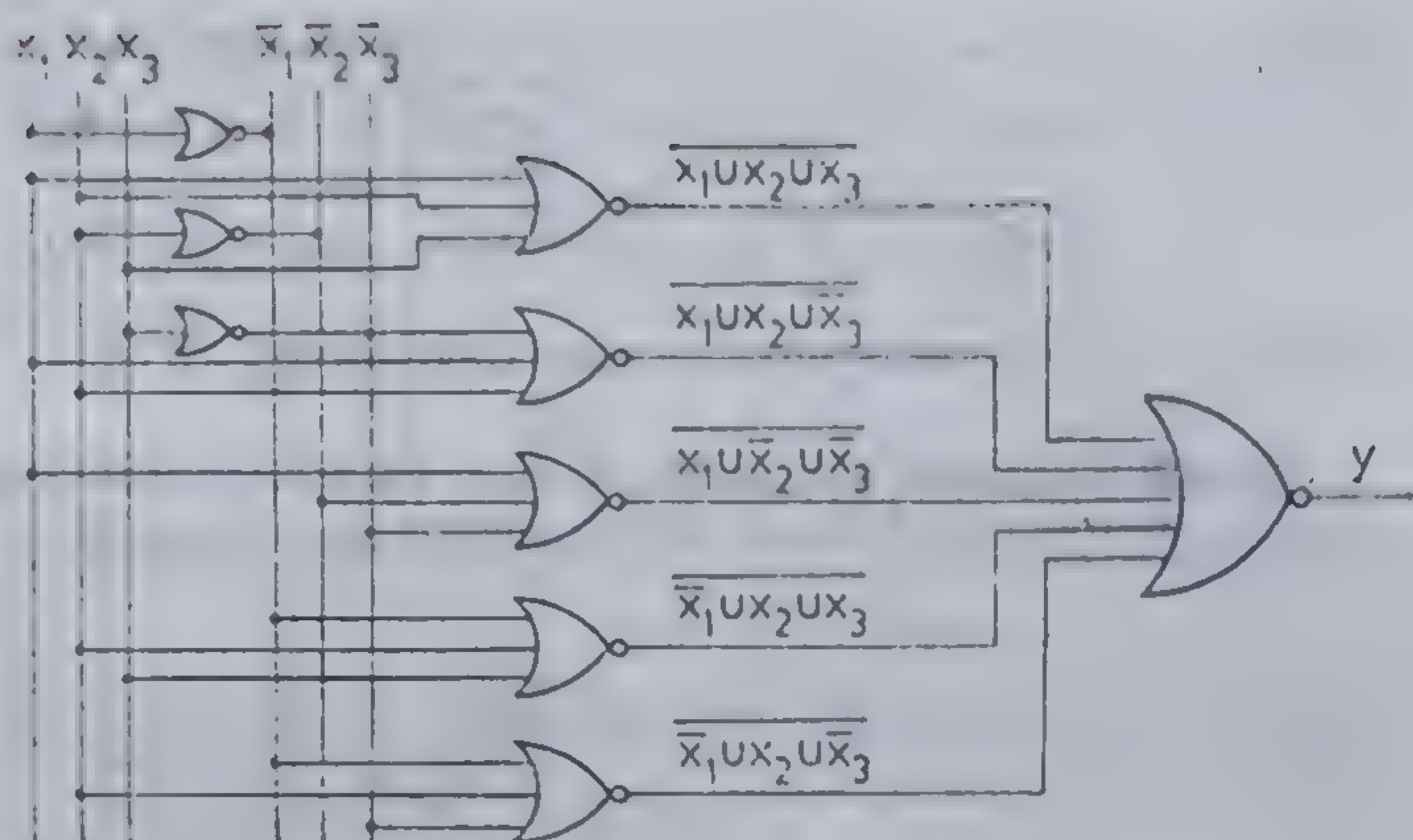


Fig. F.4. Schema logică de implementare a formei canonice conjunctive pentru funcția  $y = f(x_1, x_2, x_3)$ .

formă canonică disjunctivă, modalitate de a reprezenta o funcție booleană după expresia:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_m) = \bigcup_{(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)} x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_m^{\alpha_m} \text{ pentru valorile „1” ale ieșirilor } y(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m), \text{ unde } x_i^{\alpha_i} = \begin{cases} x_i & \text{pentru } \alpha_i = 1 \\ \bar{x}_i & \text{pentru } \alpha_i = 0 \end{cases}$$

De ex., funcția de trei variabile  $y(x_1, x_2, x_3)$  din tabelul din fig. F.3 se scrie

$$y_{FCD} = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 x_3$$

Scrierea în f.e.d. se numește și scriere după unități, iar conjuncțiile formate din variabilele ce definesc funcția sunt numite *constituenți ai unității* sau *mintermeni*. F.e.d. se pretează la implementarea directă cu circuite SI—NU (NAND), prin înlocuirea directă a operatorilor logici SI, SAU, NU cu operatori NAND. De

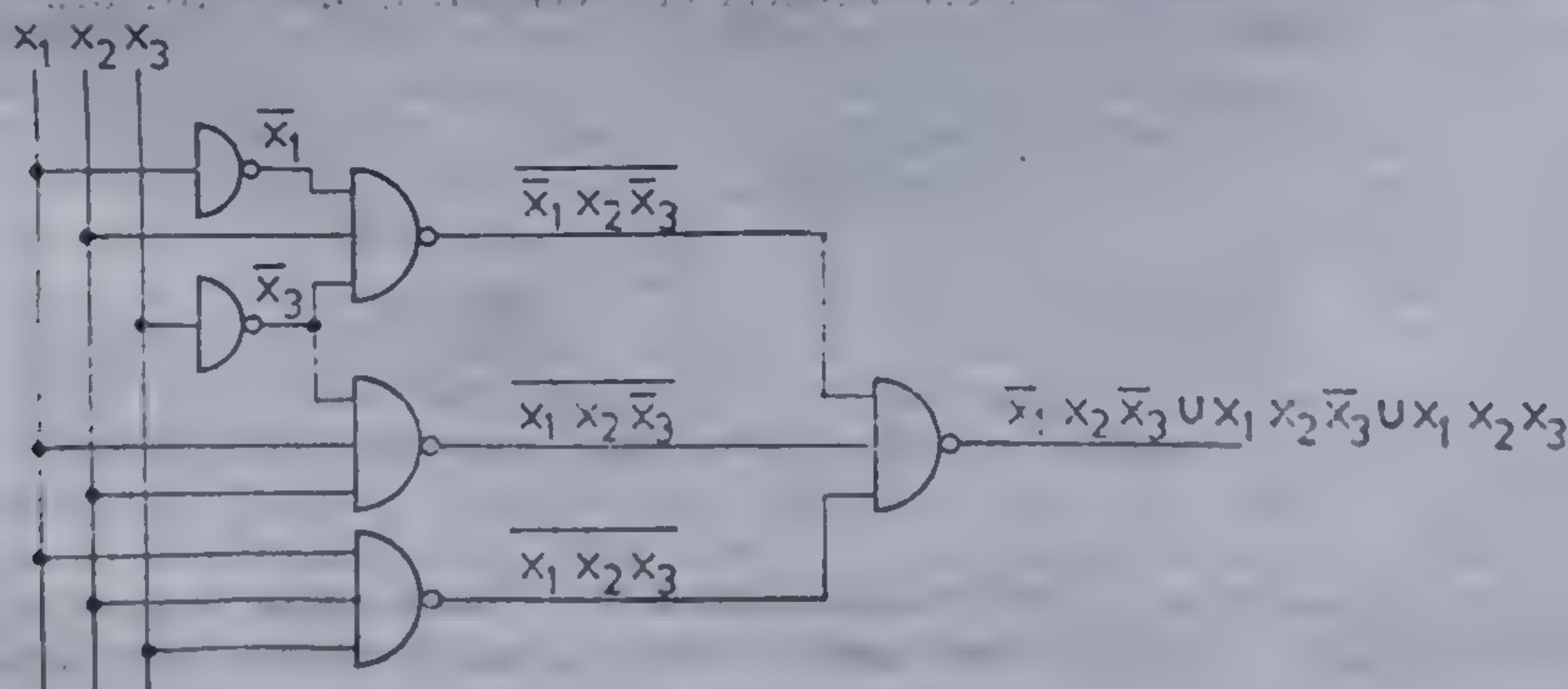


Fig. F.5. Schema logică de implementare a formei canonice disjunctive pentru funcția  $y = f(x_1, x_2, x_3)$ .



remarcat că f.c.d. nu este de regulă redusă (minimală). Pentru exemplul dat, notînd cu/ operatorul NAND,  $\overline{(x_1 x_2 x_3)} = /(x_1, x_2, x_3)$

$$y_{FCD} = /(/(/x_1), x_2, (/x_3)), /(x_1, x_2, (/x_3)), /(x_1, x_2, x_3))$$

iar schema de implementare este dată în fig. F.5.

**formă diagonal canonică**, a unei matrici polinomiale sau numerice (forma Smith), formă particulară de reprezentare a unei  $(p \times m)$ -matrici

$$\Lambda(s) = \begin{bmatrix} \delta_1(s) & & & & \\ & \delta_2(s) & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & \delta_r(s) & \\ & 0 & & & 0 \\ & & & & \ddots \\ & & & & & 0 \end{bmatrix}$$

unde  $\delta_1(s) | \delta_2(s) | \dots | \delta_r(s)$  și polinoamele  $\delta_i(s)$ ;  $i = \overline{1, r}$  sînt monice și nenule. Orice matrice  $P(s)$  este  $\rightarrow$  **unimodular echivalentă** cu o matrice diagonal canonică, deci există transformările unimodulare  $U(s)$ ,  $V(s)$  așa încît

$$\Lambda(s) = U(s) P(s) V(s)$$

**F.d.e.** permite, printre altele, calculul polinomului minimal al matricii  $A$ : dacă se aduce  $P(s) = [sI - A]$  la forma diagonal canonică,  $\delta_r(s) = \mu(s)$  reprezintă polinomul minimal al matricii  $A$ . În cazul particular al matricilor numerice se va obține  $\delta_i(s) = 1$ ,  $\forall i$ , această f.d.e., fiind utilă în determinarea unei realizări minimale ( $\rightarrow$  **algoritmul Ho**) pentru un sistem descris de matricea de transfer  $T(s)$ . Polinoamele  $\delta_i(s)$  din f.d.e. care au  $\partial[\delta_i(s)] \neq 0$  se numesc **factori in-varianti**, toate matricile  $\rightarrow$  **unimodular echivalente** avînd aceeași factori in-varianti.

**formă McMillan**, a unei  $(p \times m)$ -matrici raționale  $T(s)$ , formă particulară de reprezentare, unimodulară echivalentă cu aceasta, avînd structura:

$$U(s) T(s) V(s) = \begin{bmatrix} \frac{\varepsilon_1(s)}{\psi_1(s)} & & & & \\ & \frac{\varepsilon_2(s)}{\psi_2(s)} & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & \frac{\varepsilon_r(s)}{\psi_r(s)} & \\ & 0 & & & 0 \\ & & & & \ddots \\ & & & & & 0 \end{bmatrix}$$

în care  $\varepsilon_i(s)$ ,  $\psi_i(s)$ ;  $s = \overline{1, r}$  sînt monice și relativ prime, iar  $\varepsilon_1(s) | \varepsilon_2(s) | \dots | \varepsilon_r(s)$  și  $\psi_r(s) | \psi_{r-1}(s) | \dots | \psi_1(s)$ . Construcția f.McM. a unei matrici raționale  $T(s)$

se face astfel: se scrie  $T(s) = \frac{P(s)}{\pi(s)}$ , unde  $(p \times m)$ -matricea  $P(s) \in \mathbb{R}[s]$  și  $\pi(s) = \text{c.m.m.m.c.}$  al numitorilor elementelor lui  $T(s)$ ; se aduce  $P(s)$  la



→ forma diagonal canonică, deci

$$\Lambda(s) = U(s)P(s)V(s) = \begin{bmatrix} \delta_1(s) & & & & \\ & \delta_2(s) & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & \delta_r(s) & \\ & 0 & & & 0 \end{bmatrix}$$

și se scriu  $\frac{\delta_i(s)}{\pi(s)} = \frac{\varepsilon_i(s)}{\psi_i(s)} : i = \overline{1, r}$  unde  $\frac{\varepsilon_i(s)}{\psi_i(s)}$  este ireductibilă; se calculează

$\frac{\Lambda(s)}{\pi(s)}$  care va fi în f. McM. (unică). Această formă este utilă în problemele de

analiză și sinteză ale sistemelor descrise prin matrici raționale. Notînd

$$\partial(T(s)) = \sum_{i=1}^r v[\psi_i(s)]$$

acesta va reprezenta ordinul minimal de realizare a matricii raționale  $T(s)$ .

formă trapezoidală, a unei  $(p \times m)$ -matrici, forma superior triunghiulară la dreapta sau inferior triunghiulară la stînga a unei matrici polinomiale (sau numerice). O matrice  $P(s)$  de tip  $(p \times m)$  este în forma superior triunghiulară la dreapta dacă:

$p_{i+k,i}(s) = 0, k = \overline{1, p-i}, i = \overline{1, p-1}$ ; pentru  $k = 1, i = 1$  avem  $\partial[p_{ki}(s)] < \partial[p_{ii}(s)]$  dacă  $\partial[p_{ii}(s)] \geq 1$  și  $p_{ki}(s) = 0$  dacă  $p_{ii}(s) = \text{ct.} \neq 0$ ; uneori se impune ca  $p_{ii}(s) \neq 0$  să fie monic. Matricea  $P(s)$  de tip  $(p \times m)$  este în forma inferior triunghiulară la stînga dacă  $P^T(s)$  este în forma superior triunghiulară la dreapta. În cazul în care  $\partial[p_{ij}(s)] = 0, \forall i, j$  matricea  $P$  este o matrice de numere și definițiile anterioare se particularizează cu ușurință. Forma trapezoidală este utilă în calculul c.m.m.d.c. la dreapta (stînga) a două matrici.

**fotoelement**, dispozitiv care convertește radiația luminoasă într-un semnal electric. În funcție de natura fenomenelor care determină conversia f. se clasifică în: fotodetectoare bazate pe efectul fotoelectric intern (fotodiode, fototranzistoare, fotorezistențe și elemente fotovoltalice) și fotodetectoare cu efect fotoelectric extern (fotocelule și fotomultiplicatoare). Fotodiodele sînt joncțiuni  $p-n$  polarizate invers, la care curentul de polarizare variază în funcție de intensitatea radiației care iluminează joncțiunea. Fototranzistoarele cuprind structuri  $p-n-p$  sau  $n-p-n$  la care se iluminează joncțiunea bază colector. De regulă, baza nu este conectată în circuitul exterior, rolul curentului de bază fiind preluat de fluxul luminos care comandă astfel curentul din colector. Fotorezistențele sînt rezistoare volumetrice din materiale semiconductoare la care rezistența electrică variază sub influența iluminării. Spre deosebire de fotodiode și fototranzistoare, ele nu necesită o polarizare fixată. Elementele fotovoltalice sînt dispozitive semiconductoare de tip generator, în care sub acțiunea luminii apare o tensiune electromotoare. Celulele fotoelectrice sînt constituite dintr-un balon de sticlă vidat, în interiorul căruia se află un anod inelar și un catod sub formă de peliculă din metale alcaline, depusă pe peretele balonului. Electronii emiși de fotocathod sub acțiunea radiației luminoase,



→ forma diagonal canonică, deci

$$\Lambda(s) = U(s)P(s)V(s) = \begin{bmatrix} \delta_1(s) & & & & \\ & \delta_2(s) & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & \delta_r(s) & \\ 0 & & & & 0 \dots 0 \end{bmatrix}$$

și se scriu  $\frac{\delta_i(s)}{\pi(s)} = \frac{\varepsilon_i(s)}{\psi_i(s)} : i = \overline{1, r}$  unde  $\frac{\varepsilon_i(s)}{\psi_i(s)}$  este ireductibilă; se calculează

$\frac{\Lambda(s)}{\pi(s)}$  care va fi în f. McM. (unică). Această formă este utilă în problemele de analiză și sinteză ale sistemelor descrise prin matrici raționale. Notînd

$$\partial(T(s)) = \sum_{i=1}^r \nu[\psi_i(s)]$$

acesta va reprezenta ordinul minimal de realizare a matricii raționale  $T(s)$ .

**formă trapezoidală**, a unei  $(p \times m)$ -matrici, forma superior triunghiulară la dreapta sau inferior triunghiulară la stînga a unei matrici polinomiale (sau numerice). O matrice  $P(s)$  de tip  $(p \times m)$  este în forma superior triunghiulară la dreapta dacă:

$p_{i+k,i}(s) = 0, k = \overline{1, p-i}, i = \overline{1, p-1}$ ; pentru  $k = 1, i = 1$  avem  $\partial[p_{ki}(s)] < \partial[p_{ii}(s)]$  dacă  $\partial[p_{ii}(s)] \geq 1$  și  $p_{ki}(s) = 0$  dacă  $p_{ii}(s) = \text{ct.} \neq 0$ ; uneori se impune ca  $p_{ii}(s) \neq 0$  să fie monic. Matricea  $P(s)$  de tip  $(p \times m)$  este în forma inferior triunghiulară la stînga dacă  $P^T(s)$  este în forma superior triunghiulară la dreapta. În cazul în care  $\partial[p_{ij}(s)] = 0, \forall i, j$  matricea  $P$  este o matrice de numere și definițiile anterioare se particularizează cu ușurință. Forma trapezoidală este utilă în calculul c.m.m.d.c. la dreapta (stînga) a două matrici.

**fotoelement**, dispozitiv care convertește radiația luminoasă într-un semnal electric. În funcție de natura fenomenelor care determină conversia f. se clasifică în: fotodetectoare bazate pe efectul fotoelectric intern (fotodiode, fototranzistoare, fotorezistențe și elemente fotovoltaiice) și fotodetectoare cu efect fotoelectric extern (fotocelule și fotomultiplicatoare). Fotodiodele sînt joncțiuni  $p-n$  polarizate invers, la care curentul de polarizare variază în funcție de intensitatea radiației care iluminează joncțiunea. Fototranzistoarele cuprind structuri  $p-n-p$  sau  $n-p-n$  la care se iluminează joncțiunea bază colector. De regulă, baza nu este conectată în circuitul exterior, rolul curentului de bază fiind preluat de fluxul luminos care comandă astfel curentul din colector. Fotorezistențele sînt rezistoare volumetrice din materiale semiconductoare la care rezistența electrică variază sub influența iluminării. Spre deosebire de fotodiode și fototranzistoare, ele nu necesită o polarizare fixată. Elementele fotovoltaiice sînt dispozitive semiconductoare de tip generator, în care sub acțiunea luminii apare o tensiune electromotoare. Celulele fotoelectrice sînt constituite dintr-un balon de sticlă vidat, în interiorul căruia se află un anod inelar și un catod sub formă de peliculă din metale alcaline, depusă pe peretele balonului. Electronii emiși de fotocathod sub acțiunea radiației luminoase,



antrenați de câmpul electric dintre anod și catod determină curentul fotoelectric din circuitul exterior. Fotomultiplicatoarele sunt celule fotoelectrice prevăzute cu mai mulți anodi intermediari care permit amplificarea curentului emis de fotocatod pe baza fenomenului de emisie secundară. Ele sunt utilizate ca elemente sensibile pentru traductoarele și aparatele de măsurat mărimi caracteristice radiației luminoase (intensitate, flux, strălucire). Ele sunt, de asemenea, utilizate frecvent în componența unor traductoare de mărimi neelectrice care funcționează pe principiul modulării unui flux luminos. Printre cele mai răspândite traductoare folosind f. pot fi menționate cele de deplasare și de viteză. Alte domenii importante de utilizare sunt cel al dispozitivelor optoelectronice și al conversiei directe a energiei solare în energie electrică (elementele fotovoltaice).

**frază**, grup de cuvinte considerate ca o unitate (bloc), cuprinzând toate instrucțiunile necesare executării unei operații și care este citit și executat de echipamentul de comandă în mod separat. O f. este constituită dintr-un cuvânt „număr de bloc”, urmat de cuvinte informaționale și se termină cu un caracter „separare de bloc” care indică sfârșitul fiecărui bloc de informație. În comanda numerică a mașinilor unelte informațiile care figurează într-un bloc se rezumă în cazul general la următoarele elemente: numărul blocului; funcții pregătitoare, (modul de deplasare), coordonate, viteză de avans, viteză de rotație sculă, tip de sculă (sau schimbarea sculei), funcții auxiliare (de ex., condiții de răcire). Exemplu: deplasarea unui organ mobil pe axa X cu avans rapid pe o lungime de 300 de cuante de deplasare, spre originea axei, cu rotația spre stînga a broșei cu numărul 11 în treapta de viteză 15 se reprezintă prin fraza:

Nxxx Goo X — 3000 S45 T11 Mo4 LF

**frecvență purtătoare**, frecvență înaltă a semnalului purtător (a unei oscilații sinusoidale sau a unei succesiuni de impulsuri) al cărei parametru (de ex., amplitudine, fază, frecvență) este variat de semnalul modulator. În amplificatoarele cu modulare — demodulare din regulatoarele neliniare IEA (de ex., H22) f.p. este de 1 000 Hz.

**funcție booleană**, expresie conținând un număr finit de variabile  $x_1, x_2, \dots, x_m$  legate între ele prin operații ale algebrei booleene, atît variabilele cît și funcția  $y(x_1, x_2, \dots, x_m)$  fiind elemente binare. În general, pentru o funcție depinzînd de  $m$ , intrări, se formează  $2^m$  combinații și se pot defini  $2^{2^m}$  funcții depinzînd de  $m$  variabile. Astfel cu două variabile primare se pot obține 16 funcții booleene caracteristice, prezentate în tabelul din fig. F.6, și care poartă denumirile:  $f_1$  — funcție zero;  $f_2$  — funcție SI;  $f_3$  — funcție inhibație ( $x_1$  inhibă  $x_2$ );  $f_4$  — funcția  $x_1$ ;  $f_5$  — funcția inhibiție ( $x_2$  inhibă  $x_1$ );  $f_6$  — funcția  $x_2$ ;  $f_7$  — sumă

$x_1$	$x_2$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$f_9$	$f_{10}$	$f_{11}$	$f_{12}$	$f_{13}$	$f_{14}$	$f_{15}$	$f_{16}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Fig. F.6. Funcțiile booleene de două variabile primare.

modulo 2 ( $x_1 \oplus x_2$ );  $f_8$  — funcția SAU;  $f_9$  — funcția SAU-NU (NOR sau NICI);  $f_{10}$  — funcția identitate;  $f_{11}$  — funcția  $x_2$  negat ( $\bar{x}_2$ );  $f_{12}$  — funcția



implicație ( $x_2$  implică  $x_1$ );  $f_{13}$  — funcția  $x_1$  negat ( $\bar{x}_1$ );  $f_{14}$  — funcția implicație ( $x_1$  implică  $x_2$ );  $f_{15}$  — funcția  $SI \rightarrow NU$  (NAND);  $f_{16}$  — funcția unitate.

funcție de autocorelație  $\rightarrow$  autocorelație

funcție de densitate spectrală, reprezentare a transformatei Fourier a funcției de autocorelație pentru o funcție stohastică supusă condițiilor de staționaritate și ergodicitate:

$$R_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xx}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

Revenirea la funcția de autocorelație se face cu transformata Fourier inversă:

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xx}(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} R_{xx}(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega$$

F.de d.s. este utilă în descrierea sistemelor cu mărimi de intrare caracterizate stohastic, permițând soluționarea unor probleme specifice sintezei sistemelor.

funcție de descriere, mod de caracterizare a comportării intrare-ieșire a unui sistem neliniar, în ipoteza aproximării ieșirii prin prima armonică. Formulele de calcul pentru f.de d. sînt:

$$\underline{N}(X, \omega) = N_R(X, \omega) + jN_I(X, \omega)$$

$$N_R(X, \omega) = \frac{1}{\pi X} \int_0^T y(\omega t) \sin \omega t dt$$

$$N_I(X, \omega) = \frac{1}{\pi X} \int_0^T y(\omega t) \cos \omega t dt$$

valabile pentru o intrare a sistemului neliniar de forma

$$x(t) = X \sin \omega t$$

În cazul neliniarităților statice, f.de d. depinde numai de  $X$ , iar pentru neliniarități dinamice f.de d. depinde de  $X$  și  $\omega$ . F.de d. este utilă în cazul analizei stabilității oscilațiilor întreținute ale unui sistem automat neliniar.

funcție de ieșire, reprezentare a evoluției unei mărimi de ieșire (efect) a unui sistem dinamic

$$\gamma: T \rightarrow Y$$

adică

$$\gamma = \{p(t) \mid t \in T, p(t) \in Y\}$$

totalitatea acestor funcții reprezentînd clasa funcțiilor de ieșire

$$\Gamma = \{\gamma; T \rightarrow Y\}$$



funcție de intrare, reprezentare a evoluției unei mărimi de intrare (cauză), acceptată de sistem:

$$\omega: T \rightarrow U \text{ adică } \omega = \{u(t) \mid t \in T, u(t) \in U\}$$

totalitatea acestor funcții constituind clasa de funcții de intrare acceptate de sistem

$$\Omega = \{\omega: T \rightarrow U\}$$

funcție de intrare standard, caz particular al funcției de intrare:

$$u(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ A \frac{t^n}{n!}, & t \geq 0, n \geq 0 \end{cases}$$

avînd transformata Laplace:

$$u(s) = \frac{A}{s^{n+1}}, n \geq 0$$

Se utilizează următoarele denumiri pentru primele funcții de intrare standard în raport cu  $n$ :  $n = 0$ , funcție treaptă;  $n = 1$ , funcție rampă;  $n = 2$ , funcție parabolă;  $n = 3$ , funcție parabolă cubică, iar în cazul particular  $A = 1$  se atașază denumirilor anterioare și atributul de „unitară”.

funcție de transfer, pentru un sistem liniar, invariant și continuu (discret) cu o intrare și o ieșire,  $S = (A, b, c^T)$ , este prin definiție

$$H(s) = \overset{\Delta}{c^T(sI - A)^{-1}b} = \mathcal{L}[h(t)]$$

$$(H(z) = \overset{\Delta}{c^T(zI - A)^{-1}b})$$

caracterizînd complet sistemul, în condiții inițiale nule,  $x(0) = 0$ . Cum răspunsul unui sistem avînd condiții inițiale nule este

$$y(t) = \mathcal{L}^{-1}[y(s)]; \quad t \in \mathbb{R}$$

$$(y(t) = \mathcal{Z}^{-1}[y(z)]; \quad t \in \mathbb{Z})$$

$$\text{cu } y(s) = H(s)u(s)$$

$$(y(z) = H(z)u(z))$$

rezultă că

$$H(s) = \frac{y(s)}{u(s)}$$

$$\left( H(z) = \frac{y(z)}{u(z)} \right)$$



deci f.de t. reprezintă raportul transformatorilor Laplace (transformatorilor  $\mathcal{S}$ ) ale mărimilor de ieșire și de intrare. Cu alte cuvinte f.de t. se asociază comportării intrare-ieșire a sistemului continuu (discret) cu condiții inițiale nule.

funcție de tranziție a ieșirii, aplicația  $\eta$  ce exprimă evoluția mărimii de ieșire, ca rezultat al modificării variabilei de stare  $x$ , printr-o conexiune instantanee. Este definită de

$$\eta: T \times X \rightarrow Y$$

cu  $y(t) = \eta(t, x(t))$

funcție de tranziție a stării, aplicația  $\varphi$  ce caracterizează modificarea stării inițiale  $x_0$ , sub acțiunea mărimii de intrare care evoluează după funcția  $\omega \in \Omega$ . Este definită de

$$\varphi: T \times T \times X \times \Omega \rightarrow X$$

prin egalitatea

$$x(t) = \varphi(t; t_0, x_0, \omega)$$

Se vede că această tranziție depinde de istoria anterioară a procesului, pusă în evidență de prezența întregii funcții de intrare  $\omega: [t_0, t] \rightarrow u$ . F.de t.a.s. are următoarele proprietăți remarcabile:

- orientabilitate:  $\varphi$  este definită pentru  $\forall t \geq t_0$ ;
- consistență:  $\varphi(t; t, x, \omega) = x, \forall t \in T$  și  $\forall x \in X$ ;
- compozabilitate: pentru  $t_1 < t_2 < t_3$

$$\varphi(t_3; t_1, x, \omega) = \varphi(t_3; t_2, \varphi(t_2; t_1, x, \omega), \omega)$$

oricare ar fi  $x \in X$  și  $\omega \in \Omega$ ;

- cauzalitate: pentru  $\omega, \bar{\omega} \in \Omega$  și  $\omega_{[t_0, t]} = \bar{\omega}_{[t_0, t]}$  rezultă că

$$\varphi(t; t_0, x, \omega) = \varphi(t; t_0, x, \bar{\omega})$$

funcție Dirac ( $\delta$  — funcția, funcția impuls unitar), exprimare clasică a cazului limită al funcției dreptunghi de arie unitară

$$\delta_\varepsilon(t) = \begin{cases} \frac{1}{2\varepsilon}, & |t| \leq \varepsilon \\ 0 & |t| > \varepsilon \end{cases}$$

când  $\varepsilon \rightarrow 0$ , deci

$$\delta(t) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \delta_\varepsilon(t) = \begin{cases} \infty & t = 0 \\ 0 & t \neq 0 \end{cases}$$

În mod similar se definește f.D. deplasată

$$\delta(t - \tau) = \begin{cases} \infty & t = \tau \\ 0 & t \neq \tau \end{cases}$$



Se consideră, de asemenea, că pentru f.D. sînt adevărate următoarele relații

$$\int_{-1}^a \delta(t) dt = 1 \text{ oricare } a > 0$$

$$\int_{-1}^a f(t) \delta(t) dt = f(0) \text{ oricare } f(t) \text{ continuă pe } [-a, a] \text{ sau cu număr finit de discon-}$$

tinuități de prima speță pe acest interval (proprietatea de filtrare a f.D.). Aceste proprietăți pun în evidență faptul că  $\delta(t)$  nu este o funcție în sensul obișnuit al cuvîntului. Într-adevăr, considerînd o funcție integrabilă  $f(t)$ , funcția  $F(t) =$

$$= \int_{-1}^t f(\tau) d\tau \text{ este continuă în } t. \text{ Considerînd acum } F(\tau) = \int_{-1}^{\tau} \delta(\tau) d\tau \text{ se con-}$$

stată că  $F(t) = 0$  dacă  $-1 < t < 0$  și  $F(t) = 1$  dacă  $t > 0$ , ceea ce arată că  $F(t)$  nu este continuă. Evident că f.D. nu poate reprezenta un semnal fizic realizabil, dar din punct de vedere matematic ea este deosebit de utilă; de ex., pe baza proprietății de filtrare a f.D. se deduce că

$$\mathcal{L}[\delta(t)] = 1$$

și atunci funcția pondere se poate defini ca reprezentînd răspunsul unui sistem avînd ca mărime de intrare un impuls unitar. Definirea corectă a f.D. este bazată pe teoria distribuțiilor ( $\rightarrow$  distribuția Dirac).

funcție indicială  $\rightarrow$  răspunsul indicial al unui sistem

funcție pondere, pentru un sistem liniar continuu și variant, cu o intrare și o ieșire, aplicație definită de egalitatea

$$h(t, \tau) = c^T(t) \Phi(t, \tau) b(\tau), \quad \forall t, \tau$$

unde  $\Phi(t, \tau)$  este  $\rightarrow$  funcția de tranziție a stării. Răspunsul sistemului (asociat stării  $x(t_0) = 0$ ) se scrie

$$y(t) = \int_{t_0}^t h(t, \tau) u(\tau) d\tau, \quad \forall t \geq t_0$$

Dacă sistemul este invariant atunci f.p. este definită de aplicația

$$h(t) = e^{Tt} A^T b, \quad t \in \mathbb{R}$$

răspunsul forțat al sistemului fiind

$$y(t) = \int_0^t h(t - \tau) u(\tau) d\tau, \quad \forall t \geq 0$$



Se consideră, de asemenea, că pentru f.D. sînt adevărate următoarele relații

$$\int_{-\infty}^a \delta(t) dt = 1 \text{ oricare } a > 0$$

$$\int_{-a}^a f(t) \delta(t) dt = f(0) \text{ oricare } f(t) \text{ continuă pe } [-a, a] \text{ sau cu număr finit de discon-}$$

tinuități de prima speță pe acest interval (proprietatea de filtrare a f.D.). Aceste proprietăți pun în evidență faptul că  $\delta(t)$  nu este o funcție în sensul obișnuit al cuvîntului. Într-adevăr, considerînd o funcție integrabilă  $f(t)$ , funcția  $F(t) =$

$$= \int_a^t f(\tau) d\tau \text{ este continuă în } t. \text{ Considerînd acum } F(\tau) = \int_{-1}^{\tau} \delta(\tau) d\tau \text{ se con-}$$

stată că  $F(t) = 0$  dacă  $-1 < t < 0$  și  $F(t) = 1$  dacă  $t > 0$ , ceea ce arată că  $F(t)$  nu este continuă. Evident că f.D. nu poate reprezenta un semnal fizic realizabil, par din punct de vedere matematic ea este deosebit de utilă; de ex., pe baza proprietății de filtrare a f.D. se deduce că

$$\mathcal{L}[\delta(t)] = 1$$

și atunci funcția pondere se poate defini ca reprezentînd răspunsul unui sistem avînd ca mărime de intrare un impuls unitar. Definirea corectă a f.D. este bazată pe teoria distribuțiilor ( $\rightarrow$  distribuția Dirac).

funcție indicială  $\rightarrow$  răspunsul indicial al unui sistem

funcție pondere, pentru un sistem liniar continuu și variant, cu o intrare și o ieșire, aplicație definită de egalitatea

$$h(t, \tau) = c^T(t) \Phi(t, \tau) b(\tau), \quad \forall t, \tau$$

unde  $\Phi(t, \tau)$  este  $\rightarrow$  funcția de tranziție a stării. Răspunsul sistemului (asociat stării  $x(t_0) = 0$ ) se scrie

$$y(t) = \int_{t_0}^t h(t, \tau) u(\tau) d\tau, \quad \forall t \geq t_0$$

Dacă sistemul este invariant atunci f.p. este definită de aplicația

$$h(t) = c^T e^{At} b, \quad t \in \mathbb{R}$$

răspunsul forțat al sistemului fiind

$$y(t) = \int_0^t h(t - \tau) u(\tau) d\tau, \quad \forall t \geq 0$$



Pentru sistemele liniare discrete și invariante, cu o intrare și o ieșire, f.p. va fi:

$$h(t) = c^T A^{t-1} b, \quad 1 \leq t \in \mathbb{Z}$$

răspunsul sistemului asociat stărilor inițiale nule fiind

$$y(t) = \sum_{k=0}^t h(t-k)u(k), \quad \mathbb{Z} \ni t \geq 1$$

După cum se poate ușor constata, la un sistem liniar, continuu și invariant, dacă  $u(t) = \delta(t)$  atunci

$$y(t) = h(t) = \mathcal{L}^{-1}[H(s)]$$

deci f.p. reprezintă răspunsul sistemului cu condiții inițiale nule, cînd mărimea de intrare este o funcție Dirac de arie unitară, sau originalul funcției de transfer a sistemului.



## G

**generator de impulsuri**, generator de semnal realizat cu circuite electrice oscilante sau circuite basculante astabile, care emite un semnal de ieșire sub formă de tren de impulsuri de formă dreptunghiulară, triunghiulară, trapezoidală, dinte de fierăstrău etc. **G. de i.** de amplitudine și frecvență constante sînt folosite în schemele de comandă numerică (de ex., ca semnal purtător pentru modulare, pentru sincronizarea schemelor secvențiale, ca generator de tact etc.). **G. de i.** pot fi realizate în variantele: cu oscilare neîntreruptă, cu declanșare comandată. **G. de i.** dreptunghiulare pot funcționa după două principii de bază: limitarea oscilațiilor sinusoidale generate de oscilatoare *LC* sau *RC*, și direct, cu ajutorul circuitelor basculante astabile. **G. de i.** pentru microprocesoare conțin oscilatoare comandate cu cristal de cuarț, divizoare de frecvență realizate cu numărătoare programabile, circuite de amplificare și o logică auxiliară ce depinde de tipul microprocesorului utilizat.

**generator de semnale**, dispozitiv destinat să furnizeze semnale electrice de amplitudini și frecvențe fixe sau variabile (în anumite game) și de forme diferite. **G. de s.** se caracterizează prin stabilitate mare a semnalului de ieșire, posibilitate de acordare într-o gamă largă de frecvențe, posibilitate de a furniza semnale modulate în amplitudine sau frecvență. O clasificare a **g. de s.** se poate face: a) după gama de frecvență: **g. de s. de joasă frecvență** (mai mică decît 30 — 50 kHz) și **g. de s. de înaltă frecvență** (mai mare decît 30 — 50 kHz); b) după forma semnalului generat: **g. de s. sinusoidal** (nemodulat, modulat în amplitudine, în frecvență sau în impulsuri); **generatoare de impulsuri** (dreptunghiulare, triunghiulare, în dinte de fierăstrău etc.) și **g. s. aleatoare** (de tip zgomot alb). Componentele tipice utilizate pentru generarea sinusului și a cosinusului unei variabile independente sînt: potențiometri funcționali, rezolvere, transformatoare cu cuplaj variabil. În cazul generării unor semnale complexe, care pot fi combinații ale semnalelor menționate sau cu variații neliniare particulare, **g. de s.** se numesc generatoare de funcții. Generarea funcțiilor neliniare se poate face cu amplificatoare operaționale prevăzute cu rețele de reacție adecvate. Generatoarele de funcții neliniare uzuale se bazează pe aproximarea liniară pe porțiuni. Precizia unei astfel de aproximări este dată de numărul de segmente utilizate. Curba completă de variație a unui semnal se obține prin însumarea segmentelor individuale, ale căror tensiuni de frîngere și pante sînt determinate separat. Odată cu apariția memoriilor semiconductoare integrate pe scară foarte largă (de capacitate pînă la ordinul megabiților), a devenit posibilă generarea oricăror tipuri de semnale neliniare, utilizînd automate numerice cu generarea noii stări, ce extrag din memorii de tip ROM valorile numerice corespunzătoare unui număr suficient de mare de puncte ce descriu curba de aproximat. **G. de s.** sînt larg utilizate în echipamente de automatizare și telecomunicații, în aparatura electronică de măsură și control. În sistemele automate **g. de s.** sînt utilizate la ajustarea parametrilor



regulatorilor, la identificarea proceselor, în sistemele adaptive cu semnal de probă.

generator de semnale externe, sistem formal, introdus în analiza și sinteza sistemelor, care împreună cu sistemul analizat formează un sistem izolat de lumea exterioară. G.de s.e. este descris de ecuația

$$\dot{x}_2(t) = A_2 x_2(t)$$

cu  $x_2 \in \mathbb{R}^l$  starea g.de s.e.; după cum se vede acest sistem este cu intrare identic nulă, mărimea  $x_2(t)$  fiind determinată numai de condiția inițială  $x_2(0)$ . Starea  $x_2(t)$  a g.de s.e. înmulțită la stînga cu matrici de dimensiuni corespunzătoare va reprezenta orice mărime externă sistemului analizat (referințe, perturbații). Prin alegerea corespunzătoare a matricii  $A_2$ , g.de s.e. va furniza o clasă anume de semnale externe, alegerea unui element din această clasă făcîndu-se prin alegerea condiției inițiale  $x_2(0)$ .

giroscop, dispozitiv utilizat în sistemele de conducere automată sau manuală a avioanelor, vapoarelor, navelor cosmice, în scopul determinării direcției de deplasare a acestora. În general g. cuprinde un disc de masă (inertie) relativ mare, susținut pe cadre inelare, care îi permit mișcări de rotație în mai multe planuri. Dacă rotorul este supus unei mișcări de rotație în jurul axei sale de simetrie, direcția pe care o ocupă acesta prezintă o mare stabilitate față de acțiunile externe. Pe baza acestei proprietăți g. combinînd efectele accelerațiilor proprii mișcărilor de translație și de rotație cu cea gravitațională permite să se obțină ceea ce se numește verticala reală (sau dinamică).

grad de statism natural, raportul  $S_{0n} = \frac{n_0 - n_{min}}{P_{nom}}$  care caracterizează panta caracteristicii externe statice [turație — putere (fig. G.1) a unui grup turbogenerator.

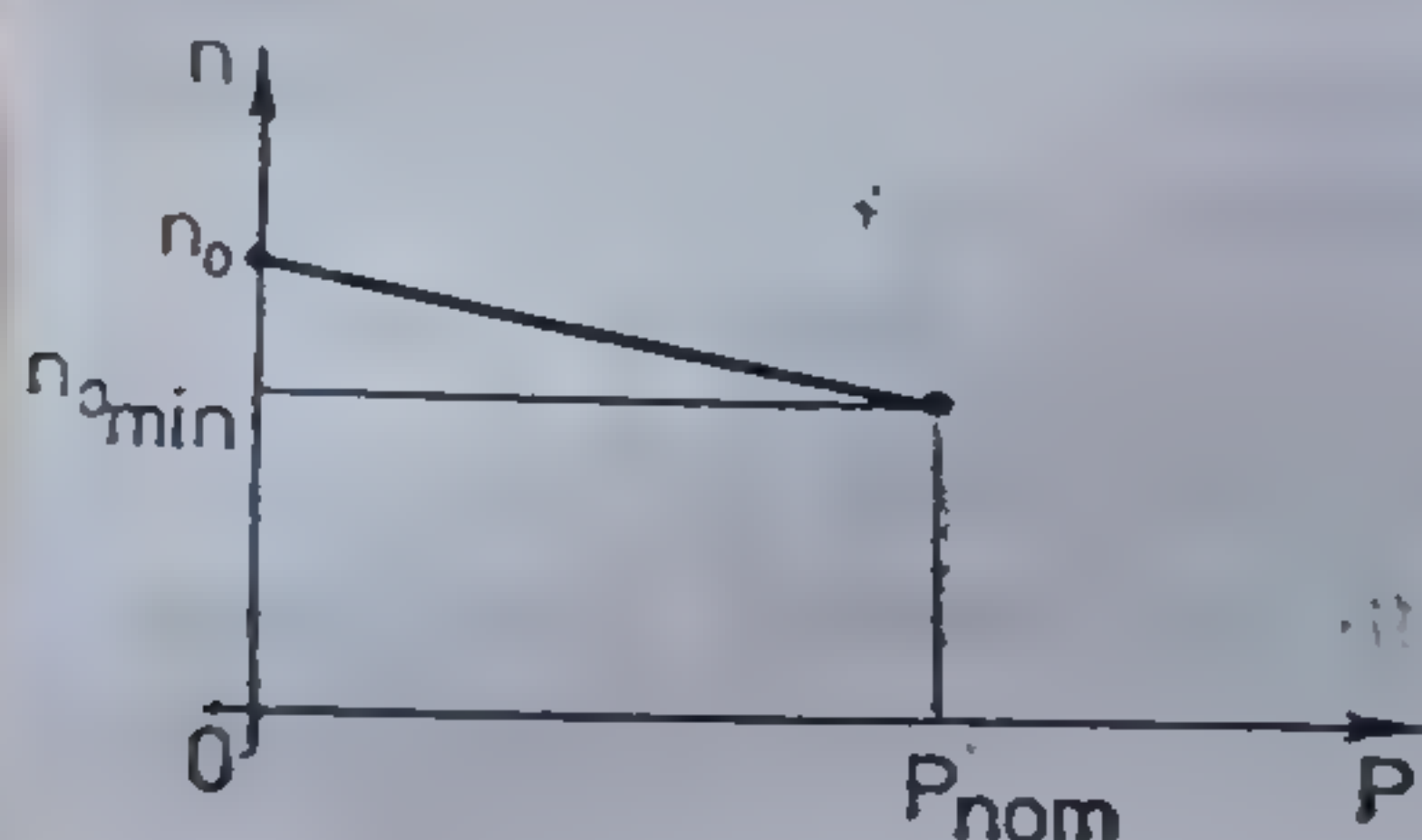


Fig. G.1: Caracteristica de evidențiere a statismului natural.

gradient, al unei funcții  $f(x): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f(x) \in C$ , vectorul derivatelor parțiale ale funcției  $f$  în raport cu componentele  $x_i$ :  $i = 1, n$  ale vectorului  $x$ ; notația uzuală a g. este  $\nabla f(x)$  sau  $f_x(x)$ :

$$f_x(x) = \left[ \frac{\partial f(x)}{\partial x_1}, \frac{\partial f(x)}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial f(x)}{\partial x_n} \right]^T$$

G. este util în metode de minimizare ale unei funcții  $f(x)$  (metode de primă variație, metode de metrică variabilă).

gradul unei coloane (linii), dintr-o  $(p \times m)$  — matrice polinomială  $P(s)$  reprezintă gradul maxim al polinoamelor ce compun coloana (linia) respectivă. Pentru coloana (linia)  $j(l)$ , g. unei c. (l.) se notează cu

$$\partial_{cj}[P(s)] \quad (\partial_{rl}[P(s)]).$$



gradul unui polinom,  $p(s)$ , puterea maximă a variabilei  $s$  care are coeficient nenul; dacă  $g.$  unel  $p.$  este  $n$ , relația uzuală este

$$\partial[p(s)] = n$$

**graf**, modalitate de caracterizare a unei relații de corespondență între două mulțimi de puncte prin elemente pereche. În sens restrîns (Berge) corespondența este a unei mulțimi numărabile cu ea însăși. În sens general un  $g.$   $G = (V, A)$ , unde  $V$  este o mulțime de puncte, iar  $A: V \rightarrow P(V)$  este o aplicație. Mulțimea  $V$  reprezintă mulțimea vîrfurilor  $g.$   $G$  (sau a nodurilor), iar dacă  $v_2 \in A(v_1)$ , perechea  $(v_1, v_2)$  este un arc în  $g.$  Dacă ordinea în care apar  $v_1$  și  $v_2$  în pereche este impusă,  $g.$  se numește *orientat*. Dacă  $\text{Card } V < \infty$   $g.$  este finit, iar în caz contrar este infinit. În fig. G.2 este reprezentat un exemplu de  $g.$  finit orientat. Dacă  $V$  este mulțimea vîrfurilor și  $U$  mulțimea arcelor atunci

$G = (V, U, h)$  unde  $h: U \rightarrow V \times V$  este o aplicație injectivă. În mod suplimentar se pot defini funcțiile  $a: U \rightarrow V/a(v_1, v_2) = v_1$  și  $z: U \rightarrow V/z(v_1, v_2) = v_2$  funcții ce definesc extremitatea inițială  $v_1$  și cea finală  $v_2$ . O mulțime de arce  $u_1, u_2, \dots, u_n$  cu proprietatea  $z(u_j) = a(u_{j+1})$  se numește drum de lungime  $n$ . Dacă toate arcele  $u_i, i = 1, \dots, n$  sînt distincte drumul se numește cale. Dacă  $z(u_n) = a(u_1)$  calea se numește circuit sau ciclu. Lungimea căii celei mai scurte dintre două puncte ale unui  $g.$  reprezintă distanța dintre acele puncte.  $G.$  *biconectat* este un  $g.$  cu proprietatea că orice pereche de

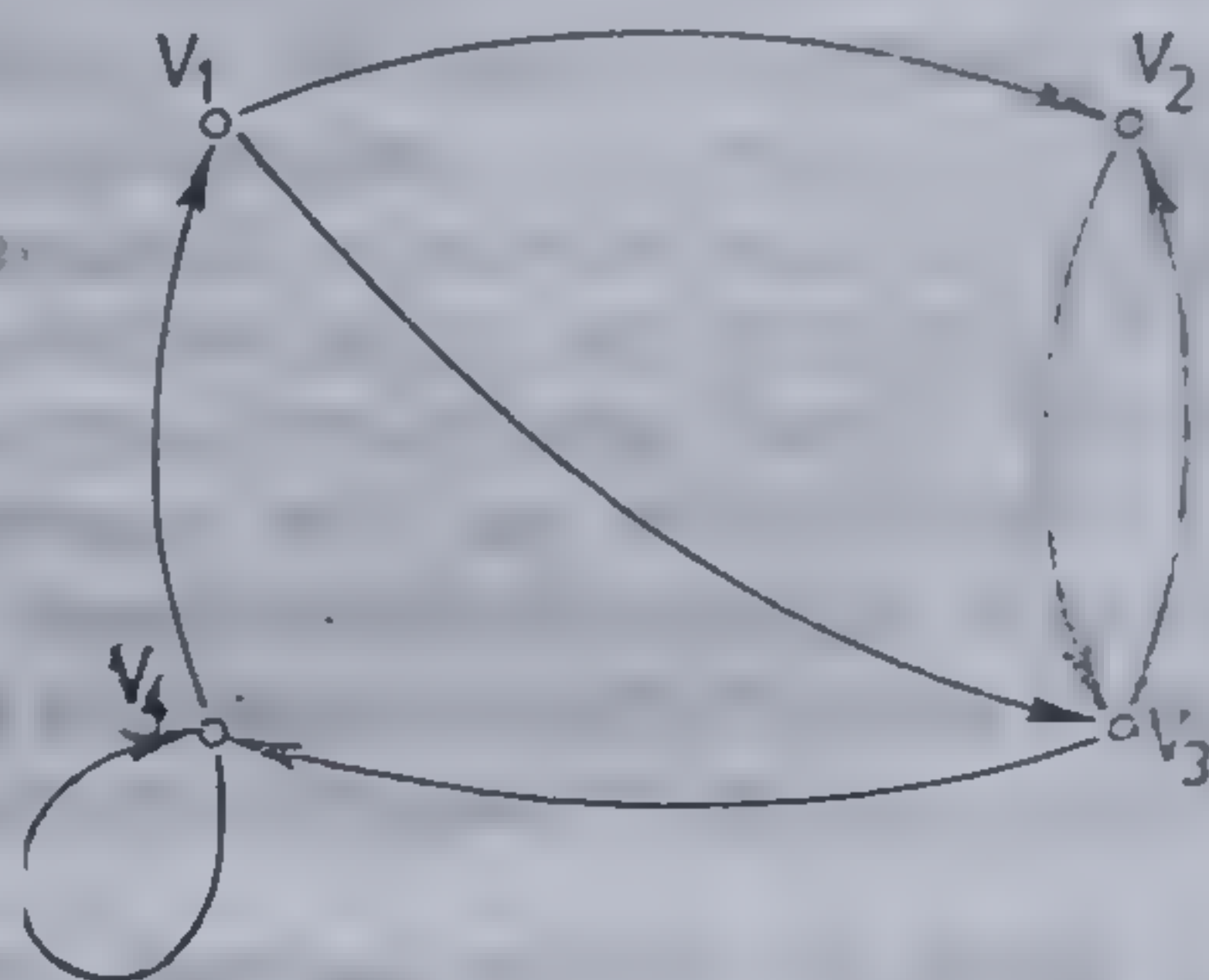


Fig. G.2. Graf finit orientat

vîrfuri face parte dintr-un ciclu.  $G.$  *complet* are proprietatea că fiecare vîrf este conectat cu toate celelalte vîrfuri prin cîte un arc.  $G.$  *arborescent* nu conține circuite.  $G.$  *de tip  $\rightarrow$  arbore* este un  $g.$  arborescent cu un singur vîrf inițial.  $G.$  *conex* este  $g.$  pentru care orice pereche de vîrfuri  $v', v'' \in V, v' \neq v''$ , este legată de un drum de la  $v'$  la  $v''$  sau de la  $v''$  la  $v'$ .  $G.$  *tare conex* este  $g.$  conex în care drumul există numai de la  $v'$  la  $v''$ .  $G.$  *marcat* (etichetat),  $g.$  la care fiecare vîrf are un nume distinct.  $G.$  *Eulerian* conține un drum ce trece prin fiecare arc o singură dată.  $G.$  *unui automat* este  $g.$  care permite reprezentarea unui automat  $A$  prin aceea că stările lui  $A$  sînt vîrfuri în  $g.$  iar tranzițiile între stări sînt arce etichetate.

**grup generator-motor (Ward Leonard)**, ansamblu de mașini electrice de curent continuu, utilizat în reglarea automată a vitezei de rotație a motoarelor de curent continuu, independent de sarcină. Elementele de bază ale unui grup Ward Leonard sînt: motorul de curent continuu, generatorul de curent continuu cu excitație separată și excitatoare care furnizează curentul de excitație atât pentru motor cît și pentru generator (fig. G.3). Motorul de curent continuu de viteză reglabilă se alimentează direct de la generatorul de curent continuu cu excitație separată. Pentru antrenarea generatorului se utilizează de obicei un motor asincron trifazat, cuplat mecanic. Același motor asincron antrenează și excitatoarea ce comandă înfășurarea de excitație a generatorului. Excitatoarea poate fi de tip: amplificator rotativ (amplidină, rototrol), amplificator magnetic sau amplificatoare speciale. Ca element de măsură a vitezei motorului este utilizat un tahogenerator cuplat la arborele motorului. Grupul generator motor oferă avantajele reglării în game largi a vitezelor motoarelor ce furnizează



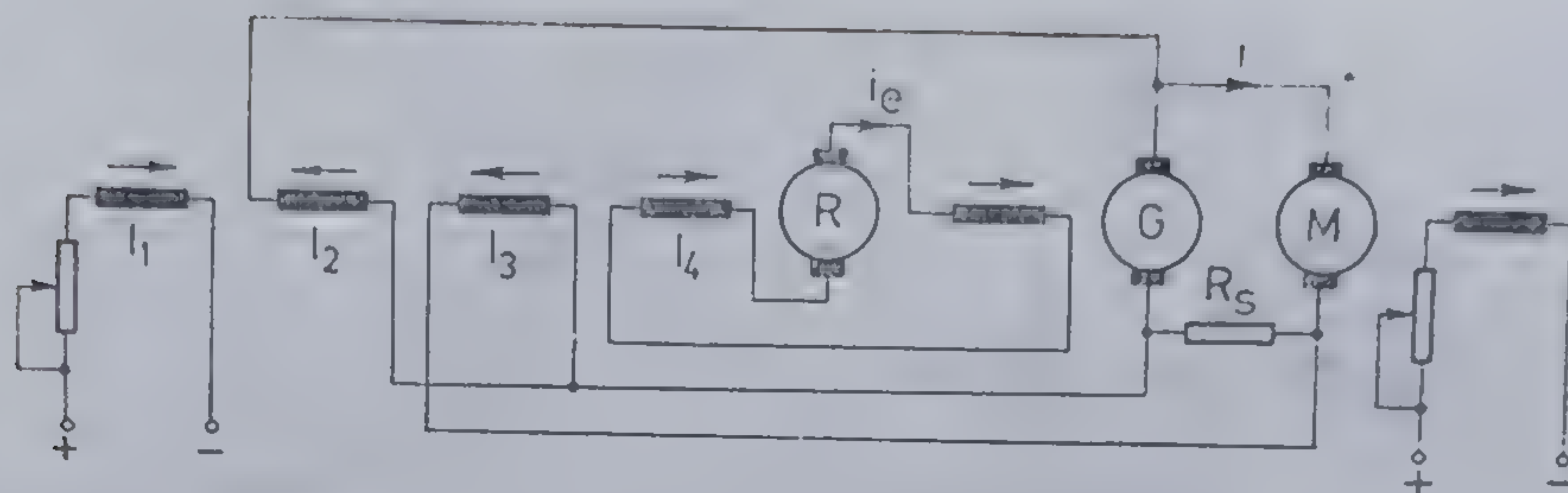


Fig. G.3. Sistem de reglare automată cu grup generator-motor:

$R$  — rotorul;  $G$  — generator de curent continuu;  $M$  — motor de curent continuu;  
 $I_1$  — înfășurare de excitație pilot;  $I_2$  — înfășurare de reacție negativă de tensiune;  $I_3$  — înfășurare de reacție negativă de curent (comandată de  $i$ );  $I_4$  — înfășurare de reacție pozitivă de curent (comandată de  $i_e$ ).

totodată cupluri importante, sau a motoarelor ce trebuie să funcționeze cu viteză cvasiconstantă (troliuri de mină, teleferice, laminoare, excavatoare, ș. a.).



# H

**hessian**, matricea de tip  $n \times n$ , formată cu derivatele parțiale ale funcției  $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $f \in C^2$ . Cu notația uzuală  $H(x)$  sau  $f_{xx}(x)$ , h. se scrie:

$$f_{xx}(x) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f(x)}{\partial x_n^2} \end{bmatrix}$$

fiind util în metodele de minimizare de a doua variație.

**hibrid**, element sau sistem la a cărui realizare se folosesc atât componente analogice, cât și numerice. Un exemplu tipic îl constituie calculatoarele h. care, deși analogice în esență, utilizează elemente numerice pentru unele calcule, ca și pentru interfașarea (în vederea conectării în sisteme mai mari de simulare) cu calculatoare numerice.

**hiperstabilitate** → **sistem hiperstabil**

**hipersuprafață de separare**, element de calcul fundamental în problema recunoașterii formelor. Considerind două forme distincte  $A$ ,  $B$  caracterizate printr-un ansamblu de caractere  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , în spațiul  $n$ -dimensional al caracterelor poate fi definită o funcție  $F(x_1, \dots, x_n)$  funcție discriminantă de așa manieră încît  $F(x) > 0$  pentru  $x \in A$  și  $F(x) < 0$  pentru  $x \in B$ . Mulțimea punctelor pentru care  $F(x) = 0$  formează hipersuprafața de separare. Noțiunea permite o reprezentare intuitivă în spațiul tridimensional a algoritmilor utilizați în problema recunoașterii formelor. Un caz particular al h de s. este cazul în care funcția  $F(x)$  este liniară, particularizînd astfel hiperplanul de separație. Datorită liniarității, construcția hiperplanului de separație este mult simplificată, iar problema instruirii pentru recunoașterea formelor se reduce la problema soluționării unui sistem de inecuații liniare.

**histerezis**, caracteristică statică neliniară a unui sistem la care mărimea de ieșire depinde de valoarea intrării dar și de sensul de variație al acesteia. Exemplu tipic de h. este dependența dintre  $B$  și  $H$  în cazul unui material magnetic, care își pune amprenta asupra dispozitivelor de automatizare realizate cu aceste materiale, pentru care se obțin caracteristici statice ca cele din fig. H.1.



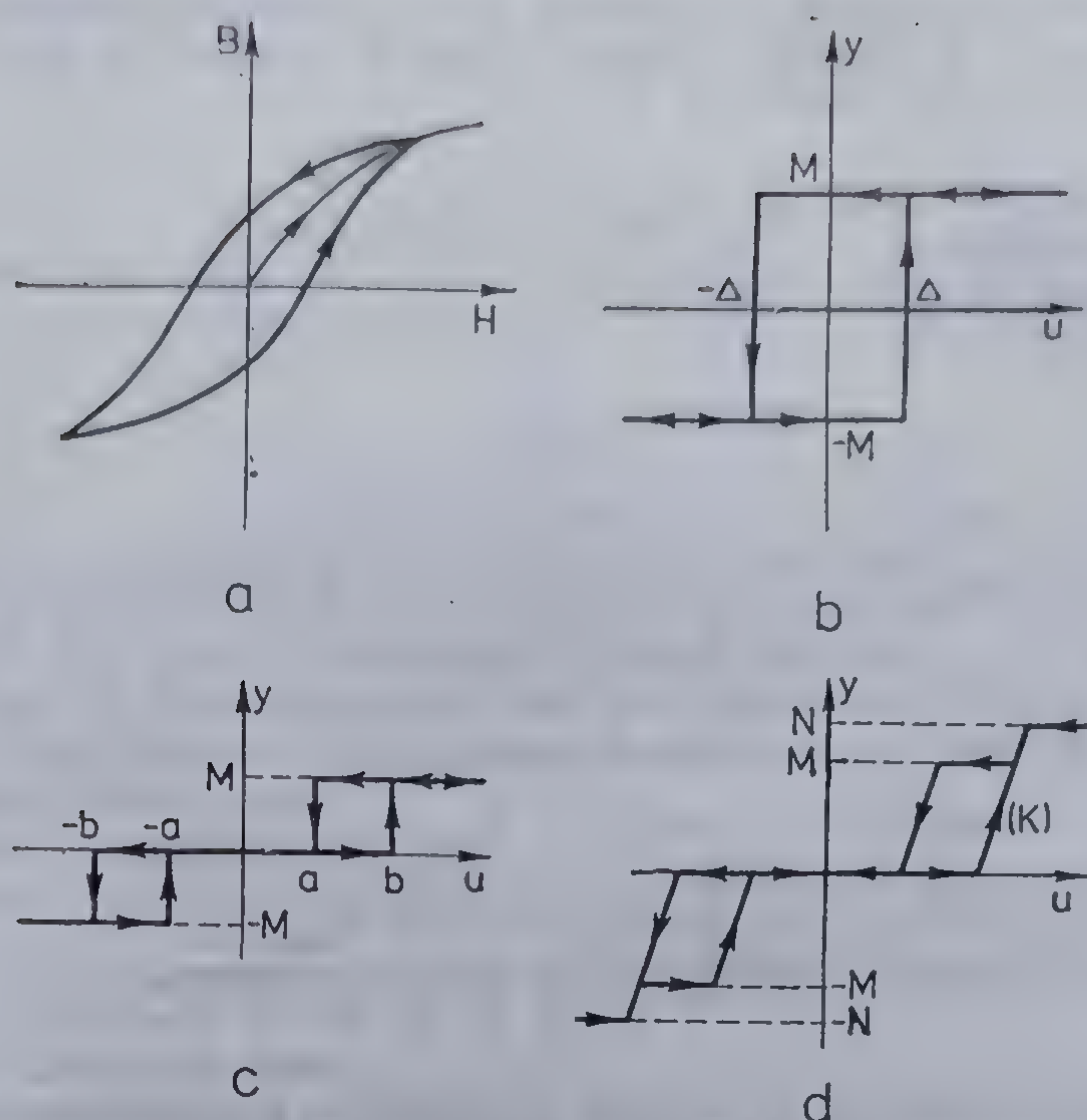


Fig. H.1. Exemplificări grafice ale caracteristicilor cu histerezis:

*a* — ciclu de magnetizare cu histerezis; *b* — caracteristică de tip releu ideal cu histerezis; *c* — caracteristică de tip releu cu zonă de insensibilitate și histerezis; *d* — histerezis într-o caracteristică statică complexă.

**histogramă**, reprezentare grafică care grupează rezultatele obținute dintr-o serie de măsurări sau valorile unei variabile aleatoare în scopul estimării pe baze experimentale a funcției densității de repartiție de probabilitate. Presupunând că se dispune de un număr de  $n$  valori ( $n > 20$ ) pentru care trebuie construită h., se stabilește mai întâi intervalul  $\Delta$  de grupare cu relația lui Sturges

$$\Delta = \frac{X_{max} - X_{min}}{1 + 3,32 \lg n}$$

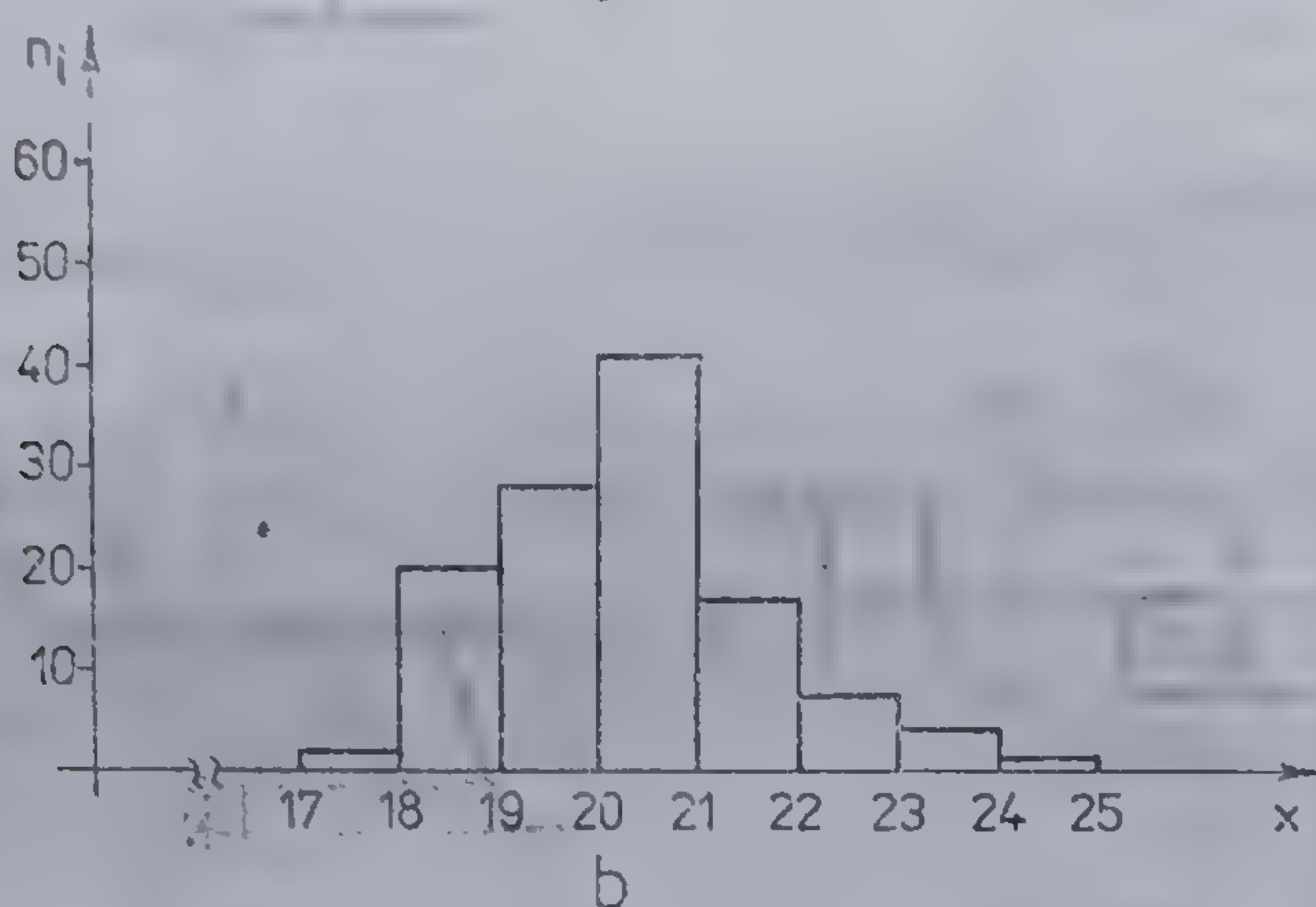
unde  $X_{max}$  și  $X_{min}$  sînt valorile extreme ale șirului. Se numără apoi valorile care corespund fiecăruia din intervalele  $X_{min} + i\Delta$ ,  $i = 0, 1, \dots, n-1$ . Numerele  $n_i$  obținute reprezintă frecvențele de apariție a valorilor aleatoare corespunzătoare intervalului respectiv. **H.** constă în reprezentarea grafică, luînd în ordonată frecvențele  $n_i$  și în abscisă intervalele de grupare ale variabilelor aleatoare. Considerînd realizările unei variabile aleatoare (grupate conform celor menționate), cele din tabelul prezentat în fig. H. 2 *a*, *b*. corespunzătoare tabelului este reprezentată în fig. H. 2, *b*. În cazul în care frecvențele absolute sînt prea mari se trece la frecvențe relative  $f_i = n_i/n$ . Dacă intervalele de grupare sînt mici și numeroase se poate obține o curbă continuă, unind mijloacele palierelor superioare ale dreptunghiurilor *h*. Admițînd că frecvențele relative reprezintă



probabilitățile de apariție a diverselor valori, în cadrul realizării considerate rezultă că  $h$ , oferă o imagine asupra funcției de densitate de repartiție de probabilitate a variabilei aleatoare  $X$ .

Intervalul de grupare	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Frecvența absolută $n_i$	0	2	20	28	41	17	7	4	1

a



b

Fig. H.2. Exemplu de histogramă.

**·hodograf**  $\rightarrow$  caracteristică modul-fază

**homeostat**, sistem cibernetic cu organizare automată, propus de Ashby, ce constă dintr-un complex de elemente (magneți) care se rotesc într-un cimp magnetic dirijat de mărimi de execuție (curenți ce parcurg bobine cu număr diferit de spire) ale unui formator. Funcția obiectiv a  $h$ , este ca, plecând dintr-o stare inițială de echilibru, acesta să acționeze la mărimile de intrare (perturbații sau mărimi de comandă), astfel ca după o serie de pași de căutare (aleatoare) să ajungă într-o nouă stare de echilibru.

**homomorfism de automate**, relație de legătură între două automate  $A = (U, X, Y, \varphi, \eta)$  și  $A' = (U', X', Y', \varphi', \eta')$  prin aplicația  $h: A \rightarrow A'$ , cu proprietățile  $h: X \cup U \rightarrow X' \cup U'$  cu  $h(X) \subseteq X'$  și  $h(U) \subseteq U'$  astfel încît:

$$\eta'(h(x), h(u)) = h(\eta(x, u)), \quad x \in X, u \in U$$

În altă formulare,  $h$  poate fi considerată o pereche de aplicații  $(h_1, h_2)$ ,  $h_1: U \rightarrow U'$ ,  $h_2: X \rightarrow X'$ , astfel încît

$$\eta'(h_2(x), h_1(u)) = h_2(\eta(u, x)).$$



**identificare**, construcție a unui model matematic optim în raport de un criteriu impus pentru obiectele automatizate pe baza datelor experimentale obținute prin test sau din funcționare normală. Problemele de bază ale i. proceselor sînt: alegerea tipului de model și a criteriilor ce măsoară adecvanța modelului în raport cu instalația, alegerea metodei de i. și prelucrarea datelor conform algoritmului impus.

**identitate** → **coincidență**

**ierarhizare**, divizare funcțională și/ sau structurală a unui sistem de conducere în două sau mai multe niveluri ierarhice în scopul înlesnirii modului de soluționare a problemelor complexe de conducere (→ **conducere ierarhizată**, → **sistem de conducere**).

**ieșire** → **mărimie de ieșire**

**implementare**, etapă a activității de sinteză a unui sistem de reglare sau de conducere a procesului care constă din construirea și realizarea modelului fizic al sistemului, prin calculul și alegerea elementelor funcționale, a circuitelor și structurilor de calcul, cît și prin alcătuirea sistemelor de programe care asigură materializarea algoritmilor și a strategiilor de comandă.

**implicant**, produs definit cu variabilele de care depinde o funcție logică  $f$ , avînd valoarea logică „1” pentru combinații de valori ale funcției la care corespund valori logice „1” ale funcției  $f$ . I. prim al unei funcții este acel i. care încetează să mai fie i. al lui  $f$  dacă din el se înlătură cel puțin o variabilă. Un i. prim este esențial dacă mintermenul definit de combinația corespunzătoare aparține unei funcții la care toți ceilalți i. primi sînt zero.

**implicație**, funcție booleană de două variabile notată, de regulă, cu simbolul  $\Rightarrow$  și care se exprimă prin  $x \Rightarrow y = \bar{x} \cup y$ , respectiv  $y \Rightarrow x = \bar{y} \cup x$ .

**imprimantă**, periferic general utilizat la tipărirea pe hîrtie a informațiilor (→ **periferice generale**). Spre deosebire de console, i. nu dispune de tastatură. În schimb funcționează cu viteze considerabil mai mari (100—1200 linii/min., fiecare linie conținînd 132 caractere).

**impuls de sincronizare**, semnal sub formă de tren de impulsuri de frecvență fixă, provenit de la un oscilator stabil, sau variabilă, obținut prin prelucrări logice și/sau aritmetice într-un sistem numeric, utilizat pentru validarea datelor la momente de timp predeterminate sau asociate unor etape de calcul, cît și pentru coordonarea în timp a activităților mai multor blocuri funcționale din acel sistem. În general, pentru a fi recunoscute, datele din sistem trebuie să aibă cel puțin o durată egală cu aceea a i. de s. În automate secvențiale, i. de s. a intrărilor și a ieșirilor asigură eliminarea, respectiv, a hazardului de tranziție (a curselor critice) și de leșire.

**increment**, variație elementară asociată unei mărimi numerice sau unei mărimi măsurate din proces, supuse discretizării. Contoarele de pași utilizează i. egale cu 1. Pentru măsurarea incrementală a poziției se asociază domeniului



maxim de deplasare  $D_{max}$  un număr  $N$  de impulsuri fiecare impuls furnizat de traductor corespunzând unui i. de poziție  $\Delta x$ :

$$N = \frac{D_{max}}{\Delta x}$$

Indicația asupra deplasării reale  $D(k)$  se obține însumând impulsurile provenite de la traductor:

$$D(k) = D(k-1) + \Delta x$$

indice de calitate  $\rightarrow$  performanțele sistemelor automate

indice de controlabilitate, cel mai mic întreg  $\mu$  pentru care

$$\text{rang } R_{\mu+i} = \text{rang } R_{\mu}, \quad i \geq 1$$

unde  $R_k = [B \ AB \ A^2B \ \dots \ A^{k-1}B], \quad k \geq 1$

indice de observabilitate, cel mai mic întreg  $\nu$  pentru care

$$\text{rang } Q_{\nu+i} = \text{rang } Q_{\nu}, \quad i \geq 1$$

unde

$$Q_k = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{k-1} \end{bmatrix}, \quad k \geq 1$$

indice de oscilație (al unui sistem), raportul dintre  $H_{max} = |H(j\omega_{rez})|$  și  $H(0)$  ce condiționează  $\rightarrow$  amortizarea oscilațiilor sistemului (fig. I.1). I. de o. este, direct sau indirect, o performanță impusă în sinteza clasică a sistemelor automate liniare, caz în care el se definește ca fiind  $H_{0max}/H_0(0)$ . Pentru sistemele automate astatice i. de o. este egal chiar cu valoarea  $H_{0max}(H_0(0) = 1)$ .

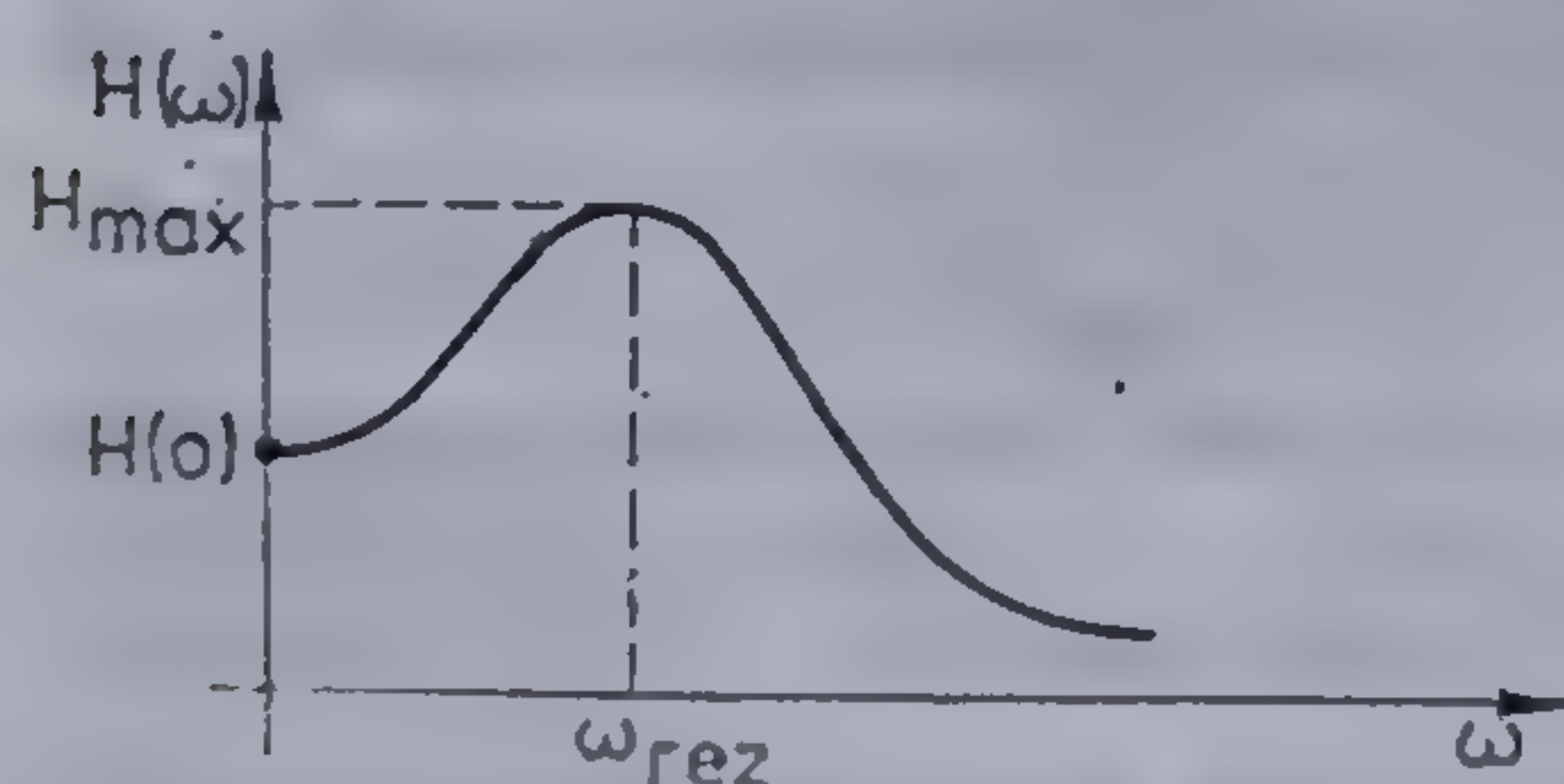


Fig. I.1. Evidențierea indicelui de oscilație pe caracteristica  $H(\omega)$ .

Indice Poincaré, număr atașat unui punct din planul de stare, ce permite identificarea  $\rightarrow$  punctelor singulare și a naturii acestora. I. P. se calculează cu relația:

$$I_p = \frac{1}{2\pi} \oint_C d(\text{arctg } S)$$

unde  $C$  este un contur ce înconjoară punctul analizat, iar  $S = \frac{dx_2}{dx_1}$  este



panta traectoriei de stare, rezultând:

$$I_p = \begin{cases} 0 & \text{punct nesingular} \\ 1 & \text{punct singular de tip centru, nod, focar} \\ -1 & \text{punct singular de tip „șa”} \end{cases}$$

**inductosyn**, traductor pentru măsurarea deplasărilor liniare sau unghiulare utilizat îndeosebi în sistemele de poziționare a mașinilor unelte (reglarea poziției). I. se caracterizează printr-o rezoluție foarte ridicată care poate ajunge până la  $1 \dots 3 \mu\text{m}$ . I. este denumit uneori și rezolver liniar, respectiv, rotativ.

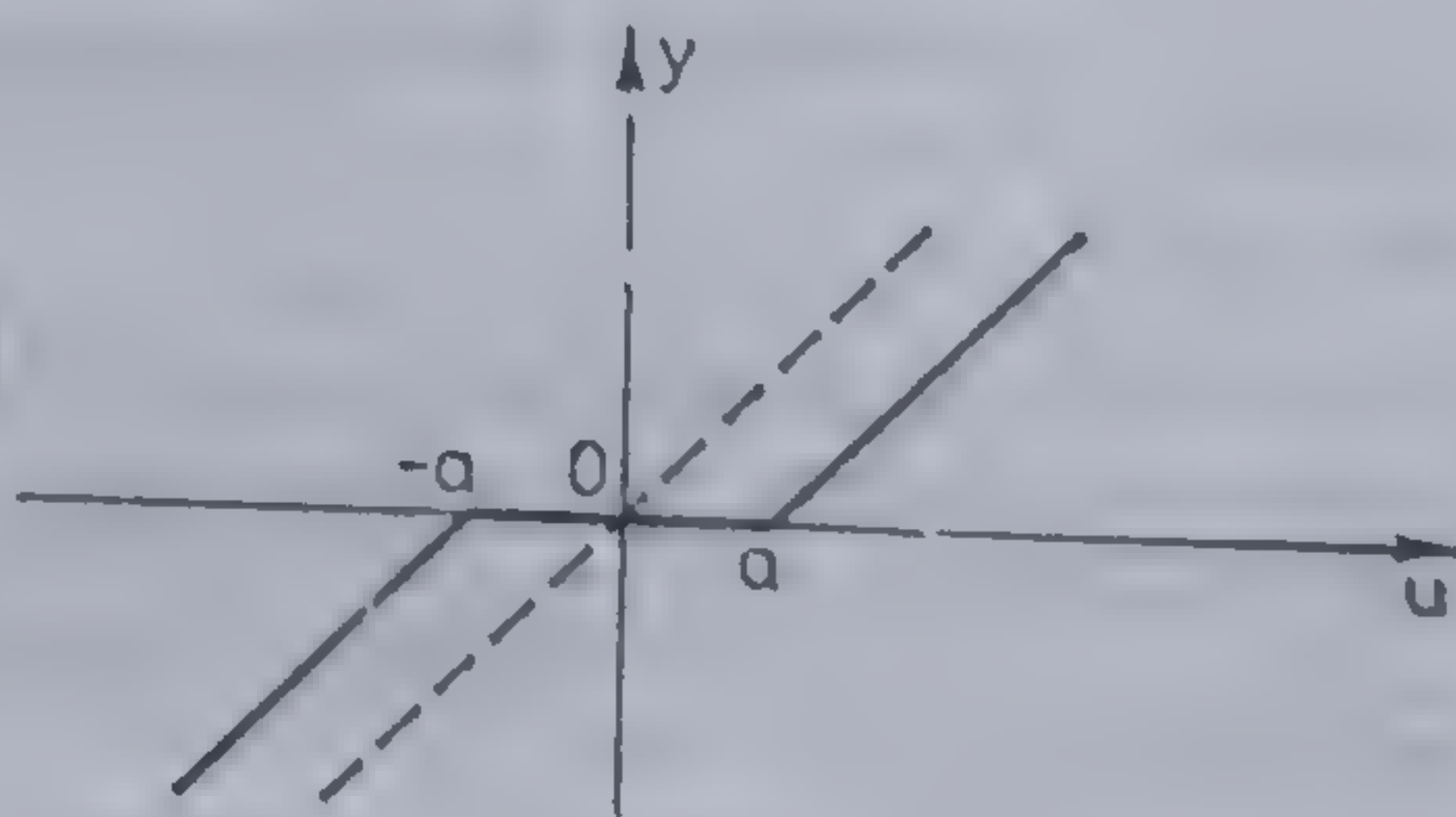
**informație**, măsură a gradului de incertitudine ce se înlătură prin realizarea unui eveniment dintr-un câmp de evenimente posibile și care depinde de probabilitatea de realizare a acelui eveniment. Dacă se consideră un câmp de evenimente realizate  $x_i (i = 1, \dots, m)$  cu probabilitățile de realizare  $p_i (i = 1, \dots, m)$  și  $y_j (j = 1, \dots, n)$  un câmp de evenimente observate, atunci  $i(x_i) = -\lambda \lg p_i$  reprezintă i. proprie asociată cu evenimentul  $x_i$ , iar  $i(x_i, y_j) = \lambda \lg p(x_i/y_j)/p(x_i)$  reprezintă i. mutuală asociată cu  $x_i$  și  $y_j$ , obținută prin realizarea evenimentului  $x_i$  și observarea lui  $y_j$ . În ambele cazuri  $\lambda$  este o constantă pozitivă ce depinde de baza logaritmului ( $\rightarrow$  unitate de informație).

**inhibiție**, funcție logică de două variabile numită și funcție intersecție indirectă, avînd expresia booleană  $f = x\bar{y}$  (dacă  $y$  inhibă  $x$ ), sau  $f = \bar{x}y$  (dacă  $x$  inhibă  $y$ ).

**inițializare**, acțiune constînd în atribuirea unei stări cunoscute, de referință, unui sistem de calcul sau unor blocuri componente ale acestuia, de obicei la timpul zero de funcționare, sau în atribuirea unor valori numerice cunoscute unor variabile și indici de contor ce intervin în organigrame, algoritmi, programe de calcul logic sau aritmetic, de obicei la prima trecere. În sistemele analogice, i. constă, de ex., în încărcarea condensatoarelor din reacția amplificatoarelor operaționale — integratoare pînă la o tensiune predeterminată; în sistemele numerice i. constă în forțarea adresei zero a memoriei program asociate unității centrale, în înscrierea sau ștergerea elementelor cu memorie (bistabili, registre, numărătoare), sau în forțarea unor moduri tipice de operare a porturilor și perifericelor programabile.

**insensibilitate**, termen ce semnifică faptul că mărimea de ieșire a sistemului nu se modifică la o variație a mărimii de intrare; gama de variație a mărimii de intrare pentru care mărimea de ieșire nu variază se numește zonă de i. Față de regimul staționar, i. corespunde unei caracteristici statice ca în fig. 1.2, în care cu linie punctată s-a figurat caracteristica ideală lipsită de i.

Fig. 1.2. Caracteristică statică cu zonă de insensibilitate.



**instabilitate**  $\rightarrow$  stabilitate

**instabilitate structurală**, termen ce desemnează faptul că un sistem este intern instabil și în cazul în care parametrii sistemului au o variație infinit mică,



adică  $A$  are și valori proprii instabile, deci există:

$$\sigma(A + \varepsilon A) \ni \lambda_i \in \mathbb{C}^+ = \{s \mid \operatorname{Re} s \geq 0\}$$

cu  $\varepsilon$  un infinit mic. Proprietatea de i.s. a sistemului nu aduce particularități deosebite în problemele de sinteză a sistemelor automate.

**Instalație automatizată**, sistem ce corespunde instalației tehnologice supusă conducerii automate. Scopul acestei conduceri este de a asigura o variație dorită a mărimii de ieșire din i.a. (mărimea de calitate  $z$ ) prin modificarea adecvată a mărimii de intrare (mărimea de execuție  $w$ ) în condițiile în care asupra i.a. acționează și mărimi ce nu pot fi controlate (perturbația  $p$ ). I.a. împreună cu subsistemul de execuție și subsistemul traductor formează un sistem cu funcționalitate determinată, numit în mod uzual → partea fixată a sistemului automat.

**Integrator**, element cu comportare liniară al unui sistem dinamic, având funcția de transfer  $1/s$  (pol în origine). I. realizează dependența intrare ( $x_1$ ) — ieșire ( $x_2$ ) de forma:

$$x_2(t) = \int x_1(t) dt + C$$

**Inteligență artificială**, domeniu de cercetare ce își propune să creeze sisteme capabile de a îndeplini activități inteligente. Aceste activități pot fi concepute: a) ca scop în sine, situație în care nu contează tehnica de realizare, ci numai rezultatul, și se bazează pe valorificarea facilităților de viteză de calcul și capacitate de memorare ale calculatoarelor, pentru îndeplinirea eficientă a unor activități laborioase (de ex., traduceri dintr-un limbaj natural în alt limbaj natural, bazate pe algoritmi de căutare în fișiere); b) prin similitudine cu mecanismele inteligenței, încercînd să modeleze asociații specifice creierului uman: demonstrarea teoremelor, elaborarea deciziilor, asimilarea. Rezolvarea unor probleme de tipul b) implică pe de o parte găsirea unei forme adecvate de formulare a problemei, cât mai apropiată de limbajul natural, pe de alta, găsirea soluției optime prin algoritmi puternic convergenți de maximă eficiență. Problemele destinate implementării unor astfel de algoritmi sînt de natură euristică, în sensul că la rezolvarea unei probleme nu se iau în considerare pe rînd toate soluțiile posibile, ci se apelează la selecții prealabile, bazate pe alte considerente decît verificarea efectivă a soluțiilor. În cadrul unui program euristic apar elemente de învățare (de ex., includerea unor teoreme demonstrate pe parcurs pe lista teoremelor de folosit) și elemente de ierarhizare (destinate optimizării raportului eficiență/grad de generalitate). În cazul ideal un program euristic trebuie să fie capabil să asigure o selecție activă în condițiile unor permanente modificări ale mediului cu care interacționează sistemul cu i.a., adică o alegere reală, relativ condiționată, nici preimpusă, dar nici absolut liberă. Acest lucru pare în esență posibil, dar trebuie menționat că problema filozofică fundamentală, aceea dacă un calculator poate deveni tot atît sau mai inteligent decît omul, trebuie analizată de pe poziția că între euristica programelor de i.a. și euristica gîndirii naturale există o deosebire de esență, iar orice creștere în complexitate a sistemului de i.a. nu depășește caracterul formal-mecanic al proceselor desfășurate în acest sistem.

**Interblocare**, metodă de protejare a unei instalații supuse automatizării împotriva avariilor, care constă în condiționarea emiterii unor comenzi către proces de respectarea unor parametri de regim prescriși (de ex., temperatură, presiune, debit), de cuplarea într-o ordine prestabilită a unor dispozitive, de



atingerea unor poziții limită etc. I. asigură și protecția împotriva comenzilor contradictorii sau eronate emise de operator.

**Interfață** → sistem de interfață

**interpolare**, procedură de evaluare a valorilor unei funcții  $f(x)$  cunoscută printr-un set de valori  $x_i$  într-un interval dat, prin aproximarea cu o funcție  $\hat{f}(x)$  definită analitic pe intervale prestabilite, astfel încât eroarea de aproximare să se încadreze în limite date. I. este o procedură uzuală de evaluare off-line în cazul măsurărilor indirecte și se realizează de regulă cu ajutorul unui calculator universal, pe baza unor formule de aproximare: Newton, Stirling, Bessel etc. I. se utilizează, de asemenea, frecvent în comanda numerică a mașinilor unelte pentru asigurarea conturării. De regulă, i. pe mașini-unelte se realizează în două faze, o fază externă, care permite calculul unor puncte principale de reper, și o fază internă, în care se furnizează comenzile necesare acționării elementelor de execuție (→ **interpolare internă**).

**interpolare internă**, mod de furnizare în timp real a comenzilor de deplasări în prelucrări de conturare a mașinilor unelte cu comandă program, finalizate prin realizarea unor segmente de curbă simple: segmente de dreaptă, arce de cerc, arce de parabolă, între puncte furnizate prin programul-piesă numite puncte principale de reper (sau puncte nodale). Alegerea punctelor principale de reper se face în faza externă cu respectarea condițiilor de precizie în aproximarea curbei date. I.i. poate fi realizată analitic sau numeric, ultima variantă oferind avantaje evidente privind precizia de execuție, facilitățile de implementare și posibilitățile de lucru în timp real. Realizarea unei dependențe funcționale  $y = f(x)$  se face prin generarea unor deplasări pe fiecare axă  $y = u(t)$ ,  $x = v(t)$  astfel încât prin eliminarea parametrului timp să se obțină traiectoria dorită. Există mai multe metode de i.i., dintre care cele mai uzuale sînt realizate pe principiul analizorului diferențial numeric, cu calculul direct al funcției, cu căutarea pasului, cu calculul tangentei. Funcțiile de interpolare pot fi realizate de un echipament specializat sau cu ajutorul unui calculator de proces.

**interpolator**, dispozitiv specializat care realizează funcția de interpolare, prevăzut cu funcții de calcul și cu o bază de timp proprie ce permite sincronizarea în timpul procesului de interpolare.

**interval de încredere**, domeniu în cadrul căruia se pot situa valorile unei variabile aleatoare cu o probabilitate dată. Probabilitatea aceasta se numește *nivel de încredere*, iar valorile extreme *limite de încredere*. I. de i. pentru nivelul de încredere specificat se poate estima pe baza funcției de densitate a repartiției de probabilitate a variabilei aleatoare conform relației:

$$\eta = \int_{x_1}^{x_2} p(x) dx$$

în care  $[x_1, x_2]$  reprezintă l. de i.,  $\eta$  nivelul de încredere și  $p(x)$  este funcția de densitate de repartiție. Reciproc, pentru un anumit l. de i. prestabilit se poate determina nivelul de încredere corespunzător. I. de i. își găsește utilizări multiple în cadrul metodelor statistice aplicate mărimilor aleatoare, de ex., la aprecierea preciziei rezultatelor măsurărilor afectate de erori întâmplătoare.

**Intrare** → mărime de intrare

**Invariantul Kronecker coloană** (linie), numere  $d_i = \partial_{c_i}^{\Delta} [\bar{P}(s)]$ ,  $i = \overline{1, m}$  ( $\bar{d}_j = \partial_{r_j} [\bar{P}(s)]$ ,  $j = \overline{1, p}$ ) ordonate crescător, în cazul unei matrici coloană (linie).



proprie  $\bar{P}(s)$  de tip  $(p \times m)$ . Două matrici de  $\rightarrow$  rang maximal coloană (linie)  $\rightarrow$  unimodular echivalente la dreapta (stînga) au aceeași i.K.e.

**inversor**, 1.i. analogic, dispozitiv care schimbă polaritatea sau sensul de variație al semnalului aplicat la intrare. 2.i. logic, circuit lucrînd în cod binar, care realizează funcția logică de negare asupra semnalului de intrare.

**invertor**, dispozitiv care transformă energia electrică de curent continuu în energie electrică de curent alternativ de o anumită frecvență, formă de undă și amplitudine, fără a apela la vreo altă energie intermediară. I. îndeplinesc o funcție inversă față de redresoare. I. se realizează prin comanda intermitentă a unor dispozitive electronice cu caracteristică neliniară: tranzistoare, tiristoare. După forma tensiunii de ieșire, i. sînt de tipul: a) cu tensiune de ieșire dreptunghiulară (realizate cu transformator și control RC pentru tranzistoare), folosite pentru alimentarea sarcinilor la care prezența armonicilor nu este critică; b) cu tensiune de ieșire sintetică, cu aproximarea tensiunii sinusoidale de ieșire prin trepte și c) cu tensiune de ieșire sinusoidală, la care sarcina și circuitul de stingere pot fi aduse aproape de rezonanță pe frecvența de lucru a i.

**iterație** (aproximare succesivă), etapă de realizare a unui algoritm bazată pe relații (calcul) repetitive. Se utilizează la soluționarea ecuațiilor sau sistemelor de ecuații în care pe baza valorilor obținute la pasul  $n$  (aproximarea a  $n$ -a) se calculează valorile la pasul următor (aproximarea a  $(n + 1) - a$ ,  $n \geq 0$ ). De ex., pentru soluționarea ecuației

$$\overline{f(x)} = 0$$

se scrie  $\bar{f}(x) = f(x) - x$  adică

$$x = f(x)$$

care se pretează metodei iterative de calcul după schema: se alege un  $x_0$  cu care se calculează

$$x_1 = f(x_0)$$

și în continuare.

$$x_{n+1} = f(x_n), n \geq 0$$

I. se numește convergentă dacă  $\lim_{n \rightarrow \infty} x_{n+1} = \bar{x}$  există, caz în care  $\bar{x}$  reprezintă soluția ecuației inițiale. Condiția de oprire a i. se formulează astfel:

$$|x_{n+1} - f(x_n)| < \varepsilon$$

cu  $\varepsilon$  fixat de precizia de calcul. I. poate fi utilizată și în cazul ecuațiilor integro-diferențiale: de ex., calculul matricii de tranziție a stării la un  $\rightarrow$  sistem dinamic liniar și variant,  $\Phi(t, t_0)$  revine la a soluționa ecuația:

$$\frac{d\Phi(t, t_0)}{dt} = A(t)\Phi(t, t_0)$$

adică

$$\Phi(t, t_0) = I + \int_{t_0}^t A(\tau)\Phi(\tau, t_0) d\tau$$



care se pretează calculului prin l. conform relațiilor:

$$\Phi_{k+1}(t, t_0) = I + \int_{t_0}^t A(\tau) \Phi_k(\tau, t_0) d\tau, \quad k \geq 0$$

$$\Phi_0(t, t_0) \stackrel{\Delta}{=} I$$

Se obține

$$\Phi(t, t_0) = \lim_{k \rightarrow \infty} \Phi_{k+1}(t, t_0)$$

care reprezintă suma seriei Peano-Baker

$$\begin{aligned} \Phi(t, t_0) = & I + \int_{t_0}^t A(\tau) d\tau + \int_{t_0}^t A(\tau) \int_{t_0}^{\tau} A(\tau_1) d\tau_1 d\tau + \\ & + \int_{t_0}^t A(\tau) \int_{t_0}^{\tau} A(\tau_1) \int_{t_0}^{\tau_1} A(\tau_2) d\tau_2 d\tau_1 d\tau + \dots \end{aligned}$$

izomorfism de sisteme (realizări)  $\rightarrow$  echivalența algebrică a sistemelor liniare



încărcător, nume dat programelor ce permit înscrierea memoriei principale cu date provenind de la un periferic. În acest sens există î. de bandă perforată, î. de casetă etc. În sistemele mai complexe î. sînt utilități oferite prin sistemul de operare.

înregistrator, aparat folosit pentru trasarea automată, sub formă de curbe continue sau discret prin puncte, a graficelor de variație în timp ale uneia sau mai multor mărimi măsurate. În unele cazuri î. permite trasarea grafică a variației uneia sau mai multor mărimi în raport de altele asociate lor, evidențiind relațiile de dependență dintre ele. La intrarea î. se aplică, de regulă, semnale electrice (tensiuni sau curenți) proporționale cu mărimile ale căror variații trebuie înregistrate. În principiu un î. cuprinde un instrument electric de măsurat care acționează dispozitivul de înregistrat constind dintr-o peniță, un spot luminos sau un generator de cîmp magnetic ce imprimă pe un suport corespunzător variațiile semnalului aplicat. Î. uzuale folosesc înregistrarea cu cerneală pe bandă de hîrtie pe care se află o scară gradată. Dacă înregistrarea urmărește redarea variațiilor în timp banda se deplasează cu o viteză uniformă, fiind antrenată de un motor electric. Există o mare varietate de aparate înregistratoare, ele putînd fi grupate după criterii foarte variate: a) după natura suportului de înregistrare: cu cerneală pe hîrtie obișnuită, optic pe hîrtie fotosensibilă, termic pe hîrtie termosensibilă, prin arc electric pe hîrtie metalizată, pe bandă magnetică; b) după viteza de variație a mărimii înregistrate: lente, pentru mărimi cu banda pînă la 0,1...1 Hz, de viteză medie pînă la 1 000...2 000 Hz și rapide mergînd pînă la frecvențe de 20 kHz; cele lente sînt în general aparate de supraveghere, folosite cu precădere în aplicații industriale, celelalte sînt utilizate pentru înregistrări de scurtă durată în aplicații de laborator. Pentru supravegherea proceselor industriale se folosesc î. funcționînd pe principiul compensării automate, care permit obținerea unei precizii ridicate, eroarea tolerată fiind sub 0,5 %. Ele sînt prevăzute cu funcții auxiliare de generare a unor semnale unificate proporționale cu mărimea de măsurat sau cu eroarea față de o referință fixată și care sînt transmise reguletoarelor automate sau sistemelor de conducere. De asemenea, ele pot fi echipate cu dispozitive de sesizare și avertizare a depășirii anumitor limite de către mărimile înregistrate.

întreruptor automat, aparat care servește pentru conectarea sau deconectarea circuitelor electrice de forță. Denumirea de automat provine din faptul că acționarea sa se poate face prin comenzi automate (de ex., de la instalațiile de protecție sau de la dispozitive de automatizare a anclășării și declanșării). Dispozitivele de acționare a î.a. pot fi electromecanice sau pneumatice, cerința principală fiind aceea de a efectua operațiile de comutare în intervale de timp foarte reduse (fracțiuni de secundă). Deoarece ele trebuie să poată întrerupe curenți foarte mari în regim de avarie (scurt-



circuit), i.a. sînt prevăzute cu camere de stingere a arcului. I.a. după natura curentului sînt de curent continuu sau de curent alternativ. Acestea din urmă se împart la rîndul lor în i.a. de joasă tensiune, folosite în general pentru motoarele electrice, și de înaltă tensiune, utilizate în instalațiile energetice.

jet, vîină de fluid la trecerea printr-un orificiu. La un j., de-a lungul curentului, pe conturul secțiunii transversale, acesta este în contact tot timpul cu un alt fluid. Unele din principiile noi de funcționare a elementelor de comandă pneumatice, fără piese mobile sînt: interacțiunea aerodinamică a j.; interacțiunea dintre un j. de aer și un profil aerodinamic; impactul j.; inducția j. Elementele hidraulice cu j. libere sînt elemente fluidice la care un j. de forță (laminar și stabil) este deviat de un j. de comandă, deflector.

joc, model matematic abstract al unei situații conflictuale între doi sau mai mulți parteneri. Prin conflict se înțelege orice situație în care apare o ciocnire de interese a participanților, ce urmăresc țeluri diferite. Specific pentru situația de conflict este faptul că nici un partener nu controlează situația în întregime și poate să influențeze doar parțial rezultatul, deoarece la un moment dat nu cunoaște comportarea ulterioară a adversarului său. Disciplina matematică ce stabilește legitățile situațiilor conflictuale se numește *teoria jocurilor*. În teoria sistemelor j. reprezintă o metodă specifică de abordare a problemei de conducere, considerată ca o situație conflictuală dintre clasa de mărimi ce urmăresc realizarea unui obiectiv dorit (scop) pentru sistemul condus și cele ce se opun îndeplinirii acestui deziderat.

joc diferențial (în teoria sistemelor), caz particular al unei situații conflictuale ( $\rightarrow$  joc) ce apare în problema de conducere a sistemelor descrise prin ecuații diferențiale ordinare ( $\rightarrow$  sisteme dinamice liniare). Un exemplu tipic de j.d. este problema de urmărire (atingere) a unui corp (țintă) de către altul: „urmăritorul” dorește ca atingerea țintei să se facă cît mai rapid, pe cînd urmăritul acționează pentru evitarea sau amînarea acestui lucru.

joc în angrenaj, neliniaritate statică specifică angrenajelor mecanice cu roți dîntate.



# L

**lege de comandă**, funcția  $u = k(x, v)$  în care  $x \in \mathbb{R}^n$  este starea,  $u \in \mathbb{R}^m$  mărimea de comandă și  $v \in \mathbb{R}^m$  este noua mărime de intrare; **l. de c.** este liniară dacă funcția  $k$  este liniară în  $x$  și  $v$ , deci:

$$u = Fx + Gv$$

în care  $Fx$  reprezintă legea de reacție după stare. În teoria clasică a sistemelor automate prin **l. de c.** se înțelege și funcționalitatea  $\rightarrow$  **regulatorului automat.**

**limbaj**, instrument de exprimare și transmitere a informației între elementele componente ale unui sistem de conducere, incluzând operatorul de proces și procesul condus. **L.** este compus din simbolurile de reprezentare a informației, setul de reguli de combinare a acestora (*sintaxa l.*), precum și din setul de reguli de stabilire a înțelesului combinațiilor de simboluri (*semantica l.*). În conducerea proceselor industriale noțiunea de **l.** este utilizată în conjuncție cu elaborarea strategiei de conducere (*l. algoritmic*) și cu implementarea acesteia (*l. de programare*). **L. de programare** poate fi de nivel ridicat sau de nivel apropiat de cel al mașinii (*l. de asamblare*).

**limitator de cursă**, dispozitiv electromecanic cu contacte, care prin acționare de către un element al organului de execuție, la pozițiile extreme ale acestuia închide (deschide) o cale de curent într-un circuit electric de comandă, control sau supraveghere.

**limită de încredere**  $\rightarrow$  **interval de încredere**

**limită de stabilitate**, regim ideal de funcționare a unui sistem liniar, fixat la granița dintre funcționarea stabilă și funcționarea instabilă, și în care sistemul oscilează armonic. Pentru sistemele liniare, netede, finit dimensionale și staționare caracterizarea funcționării la limita de stabilitate se face în condiția intersecției hodografului cu axa reală pe coordonata  $(-1, j0)$  (fig. L.1).

$$H(j\omega^*) = -1$$

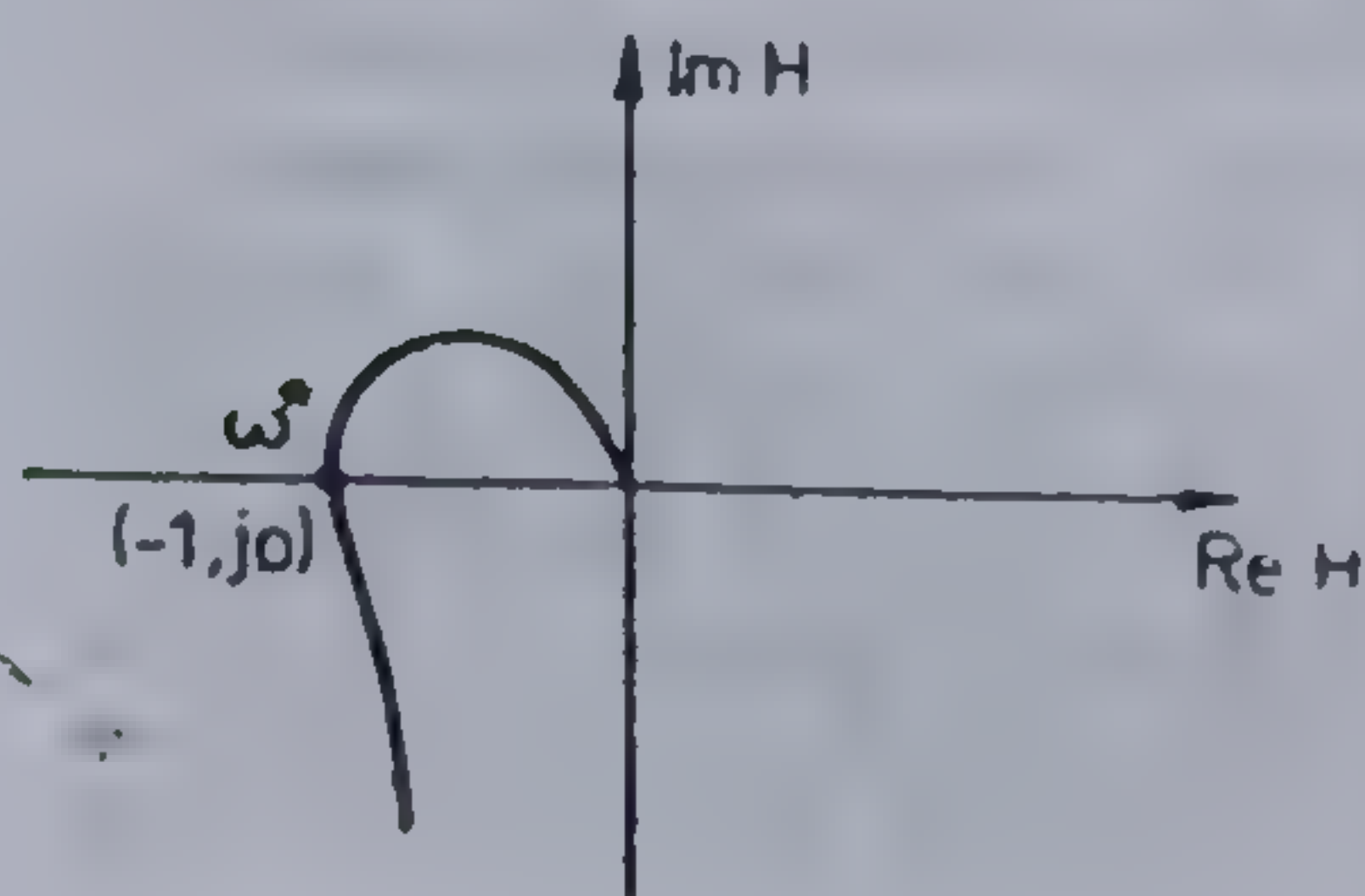


Fig. L.1. Evidențierea grafică a limitei de stabilitate pentru sisteme liniare.



Pentru acest caz pulsația de autooscilație este  $\omega^*$ .

liniarizare, metodă de determinare a unui aproximant liniar

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

pentru un  $\rightarrow$  sistem dinamic neliniar

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t))$$

$$y(t) = g(x(t))$$

cu  $f, g$  vectori funcții neliniare în  $x$  și  $u$ . L. se face considerînd că funcționarea sistemului are loc în jurul unui „regim stabilizat” ( $\bar{u}(t), \bar{x}(t), \bar{y}(t)$ ) admis de sistem

$$\dot{\bar{x}} \rightarrow \omega(t) = f(\bar{x}(t), \bar{u}(t))$$

$$\bar{y}(t) = g(\bar{x}(t))$$

astfel încît variațiile mărimilor  $u(t)$  ( $\Delta u(t) \stackrel{\Delta}{=} u(t) - \bar{u}(t)$ ),  $x(t)$  ( $\Delta x(t) \stackrel{\Delta}{=} x(t) - \bar{x}(t)$ ),  $y(t)$  ( $\Delta y(t) \stackrel{\Delta}{=} y(t) - \bar{y}(t)$ ) reprezintă infiniți mici. În aceste condiții, l. revine la dezvoltarea în serie Taylor a funcțiilor neliniare  $f = [f_1 f_2 \dots f_n]^T$ ,  $g = [g_1 g_2 \dots g_p]^T$  în jurul regimului stabilizat și la neglijarea infiniților mici de ordin superior; notînd formal  $u(t) = \bar{u}(t) + \Delta u(t)$ ,  $x(t) = \bar{x}(t) + \Delta x(t)$ ,  $y(t) = \bar{y}(t) + \Delta y(t)$  se deduce că aproximantul liniar are

$$A = \begin{bmatrix} f_{1x}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \\ f_{2x}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \\ \vdots \\ f_{nx}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} f_{1u}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \\ f_{2u}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \\ \vdots \\ f_{nu}^T(\bar{x}(t), \bar{u}(t)) \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} g_{1x}^T(\bar{x}(t)) \\ g_{2x}^T(\bar{x}(t)) \\ \vdots \\ g_{px}^T(\bar{x}(t)) \end{bmatrix}$$

cu  $f_{ix}$ :  $i = \overline{1, n}$ ;  $f_{ju}$ :  $j = \overline{1, m}$ ;  $g_{kx}$ :  $k = \overline{1, p} \rightarrow$  gradientii acestor funcții, rezultînd că prin l. sistemul obținut are parametrii ( $A, B, C$ ) dependenți de regimul stabilizat în jurul căruia s-a efectuat operația de l.

liniarizare armonică, metodă de aproximare a unei funcții neliniare

$$\dot{y} = F(x, \dot{x})$$

față de un regim armonic  $x = a \sin \omega t$ , printr-o dependență liniară

$$\tilde{y} = K(a, \omega)x$$



L.a. revine la dezvoltarea în serie Fourier a dependenței neliniare și neglijarea termenilor de pulsații superioare

$$y = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \sin k\omega t + b_k \cos k\omega t) \simeq a_0 + a_1 \sin \omega t + b_1 \cos \omega t$$

unde

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} F(a \sin \omega t, a \omega \cos \omega t) d(\omega t)$$

$$a_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(a \sin \omega t, a \omega \cos \omega t) \sin \omega t d(\omega t)$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(a \sin \omega t, a \omega \cos \omega t) \cos \omega t d(\omega t)$$

Considerind că  $a_0 = 0$  (neliniaritatea este simetrică), dependența liniară se scrie

$$\tilde{y} = g(a, \omega)x + \frac{b(a, \omega)}{\omega} \dot{x}$$

unde

$$g(a, \omega) \stackrel{\Delta}{=} \frac{a_1}{\omega} = \frac{1}{\pi a} \int_0^{2\pi} F(a \sin \omega t, a \omega \cos \omega t) \sin \omega t d(\omega t)$$

$$b(a, \omega) \stackrel{\Delta}{=} \frac{b_1}{\omega} = \frac{1}{\pi a} \int_0^{2\pi} F(a \sin \omega t, a \omega \cos \omega t) \cos \omega t d(\omega t)$$

adică

$$K(a, \omega) = g(a, \omega) + \frac{b(a, \omega)}{\omega} p, \quad \text{cu } p = \frac{\Delta}{dt}$$

Coeficientul  $K(a, \omega)$  este constant dacă  $a$  și  $\omega$  sînt constante (regim stabilizat), dar avantajul metodei de l.a. constă tocmai în aceea că poate să opereze și cu  $K(a, \omega)$  variabil (regim tranzitoriu).

linie de întîrziere, dispozitiv utilizat în scopul prelungirii duratei de transmisiune a unui semnal, fără a-i modifica forma. În automatică se întîlnesc frecvent l. de î. electrice, acestea putînd fi cu constante concentrate (de tip



filtru trece jos cu mai multe celule), cu constante repartizate (cu materiale speciale), sau active (de ex., prin trecerea printr-un lanț de porți logice).

**linie tehnologică automată**, ansamblu de mijloace de producție, dispuse într-o anumită ordine, astfel încât să fie posibilă executarea unei succesiuni de operații tehnologice pentru obținerea unui produs de serie sau de masă, la care comenzile operațiilor de lucru și de transfer sunt automatizate. Principalele procese de producție la care se întâlnesc linii automate sunt de prelucrări mecanice, montaj, dozare, tratament termic, sudare, ambalare. Posturile de lucru într-o linie automată pot fi fixe (ordonate în succesiunea operațiilor) sau adresabile prin program (un produs trece de mai multe ori la un post în timpul procesului de prelucrare). Instalațiile moderne de conducere a liniilor automate folosesc  $\rightarrow$  **automate programabile** sau echipamente cu microprocesoare.

**listă de date de ieșire procesor**, listă de informații furnizată de procesor, destinată utilizării ei de către post-procesor și conținând, de ex., informațiile privind traiectoria sculei, corecțiile de sculă, funcțiile pregătitoare și auxiliare ale mașinii-unelte. Editată de calculator într-o formă tipizată, lista de date nu conține informații referitoare la caracteristicile mașinii-unelte pe care se va executa piesa programată.

**loc geometrie al rădăcinilor**, ansamblul punctelor din planul variabilei complexe  $s = \sigma + j\omega$  ce constituie rădăcinile  $\rightarrow$  **ecuației caracteristice** a unui sistem liniar cu o intrare și o ieșire, când un parametru al sistemului se modifică: parametrul uzual pentru care se trasează l. g. al r. este  $\rightarrow$  **factorul de amplificare de regim dinamic** al funcției de transfer de pe calea directă  $H(s) = kG(s)$ ,  $k > 0$ . Ecuația caracteristică a unui sistem automat liniar cu o intrare și o ieșire fiind:

$$1 + H(s) = 0$$

rezultă  $G(s) = -1/k$ ,  $s = \sigma + j\omega$  care reprezintă ecuația l. g. al r. și care este echivalentă cu două ecuații reale:

$$\begin{cases} \operatorname{Re}[G(s)] = -\frac{1}{k} \\ \operatorname{Im}[G(s)] = 0 \end{cases}$$

sau

$$\begin{cases} |G(s)| = \frac{1}{k} \\ \arg G(s) = (2l + 1)\pi, \quad l \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

Cum  $G(s) = \frac{\prod_{i=1}^m (s - z_i)}{\prod_{j=1}^n (s - p_j)}$ , notînd  $\varphi_i = \arg(s - z_i)$  și  $\psi_j = \arg(s - p_j)$

ultima ecuație devine  $\sum_{i=1}^m \varphi_i - \sum_{j=1}^n \psi_j = (2l + 1)\pi$ . Ecuațiile l. g. al r. permit



trasarea acestuia numai în cazul funcțiilor de transfer  $H(s)$  la care  $n$  este mic ( $\leq 3$ ). Modalitatea uzuală de trasare a l.g.al r. are la bază unele reguli generale de trasare ce stabilesc: punctele de plecare și de sosire, număr de ramuri, pantele asimptotelor, punctul de intersecție al asimptotelor, porțiunile de l.g.al r aflate pe axa reală, intersecțiile cu axele. L.g.al r. se poate utiliza în analiza și sinteza (prin alocare de poli) sistemelor automate liniare.

lungimea cuvintului de cod; numărul  $n$  de biți prin care se codifică un cuvânt de date cu dimensiunea  $m \leq n$  biți. În codurile separabile cei  $m$  biți de date ocupă poziții fixe. Cei  $n - m$  biți redondanți sînt utilizați la detectarea și, eventual, corectarea erorilor ce survin în procesul de transmitere a datelor.



**magistrală**, ansamblu de linii purtătoare de semnal pe care se vehiculează — de regulă, în paralel — date, adrese sau comenzi între elementele componente ale sistemelor de calcul destinate conducerii proceselor. Într-o viziune mai cuprinzătoare **m.** nu se referă numai la semnalele fizice, ci și la protocolul care guvernează transferul acestora. Când elementele funcționale ale sistemului de conducere sînt separate de distanțe mari **m.** transportă informația în formă serială, ceea ce conduce la economii de materiale, dar și la creșterea duratei transferului. Constructiv, **m.** se realizează în formă de cablaj imprimat sau cablu plat (pentru transfer paralel) sau conductoare torsadate, cablu coaxial, fibră optică pentru transferul serie.

**magistrală de adrese**, magistrala sistemului de conducere pe care se vehiculează în formă binară adresa unei anumite locații de memorie sau adresa unui anumit port de intrare/ieșire. Numărul de linii al **m. de a.** depinde de capacitatea de memorie maxim adresabilă de către unitatea centrală a sistemului de conducere. Pentru variantele realizate cu microprocesoare numărul de linii al **m. de a.** variază între 16 și 20. Din considerente tehnologice unele magistrale transportă — prin multiplexare în timp — atât adrese cît și date, → **magistrală de date**.

**magistrală de comenzi**, magistrala sistemului de conducere pe care elementul funcțional al acestuia desemnat drept *master* emite comenzi pentru elementul (elementele) de tip *slave*. În mod obișnuit liniile de comandă ce alcătuiesc **m. de c.** sînt destinate citirii din memorie, înscrierii în memorie, citirii dintr-un port de intrare, înscrierii într-un port de ieșire. La acestea se adaugă linii de uz general (semnale de ceas, linii de întrerupere, linii de cerere de acces la resursele comune etc.).

**magistrală de date**, magistrala sistemului de conducere prin intermediul căreia sînt vehiculate datele propriu-zise între elementele funcționale ale acestuia. Numărul de linii al **m. de d.** depinde de lungimea cuvîntului de date cu care operează unitatea centrală a sistemului de conducere. Valori uzuale ale acestui număr sînt 8, 16, 24, 32. Din considerente tehnologice unele sisteme au **m. de d.** multiplexată în timp cu magistrala de adrese. În acest caz un semnal suplimentar al magistralei de comenzi indică momentul de timp la care **m. de d.** conține adrese.

**marcă tensometrică**, element sensibil utilizat în structura traductoarelor pentru forțe, cupluri, deformații, solicitări mecanice, presiuni, al cărui principiu de funcționare se bazează pe conversia mărimilor menționate într-o variație de rezistență electrică. **M.t.** constă, de regulă, dintr-un suport din hirtie pe care se află fixată o rezistență într-un fir foarte subțire sau sub forma unei pelicule, realizată prin tehnologia circuitelor imprimate. Forme tipice de **m.t.** sînt reprezentate în fig. M.1. **M. t.** se lipsesc pe corpuri elastice care supuse la efort se deformează și transmit deformațiile respective elementului rezistiv, producînd



modificări ale lungimii, secțiunii și rezistivității. Variațiile de rezistență obținute pe această cale sunt convertite într-o tensiune electrică folosind o punte Wheatstone funcționând în regim dezechilibrat.

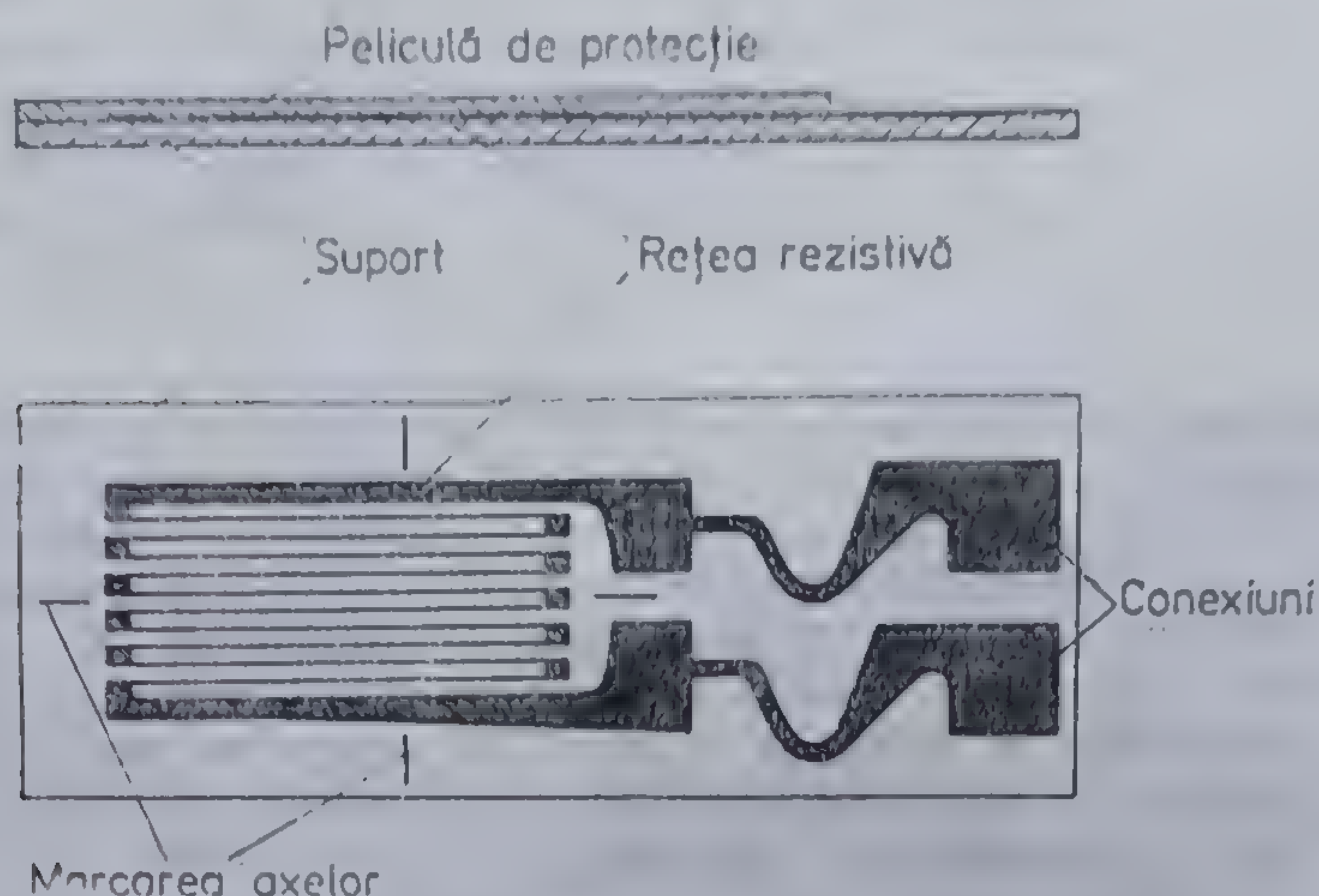


Fig. M.1. Forma constructivă a unei mărci tensometrice.

**margine de amplitudine**, mărime ce caracterizează gradul de stabilitate al unui sistem automat liniar, fixând de asemenea domeniul de variație al factorului de amplificare pentru care sistemul este stabil. **M.de a.** se exprimă în mod uzual în dB și este  $L = 20 \lg h$ , unde  $h$  este precizat în fig. M.2, adică este determinat de intersecția hodografului funcției de transfer de pe calea directă,  $H(s)$ , cu axa imaginară. În cazul în care există mai multe intersecții ale hodografului cu axa imaginară (fig. M.2), **m.de a.** se determină cu  $h = \min\{h_i\}$ . Pentru un sistem automat liniar stabil se consideră că  $L \geq 7$  dB asigură îndeplinirea performanțelor tranzitorii impuse în mod uzual.

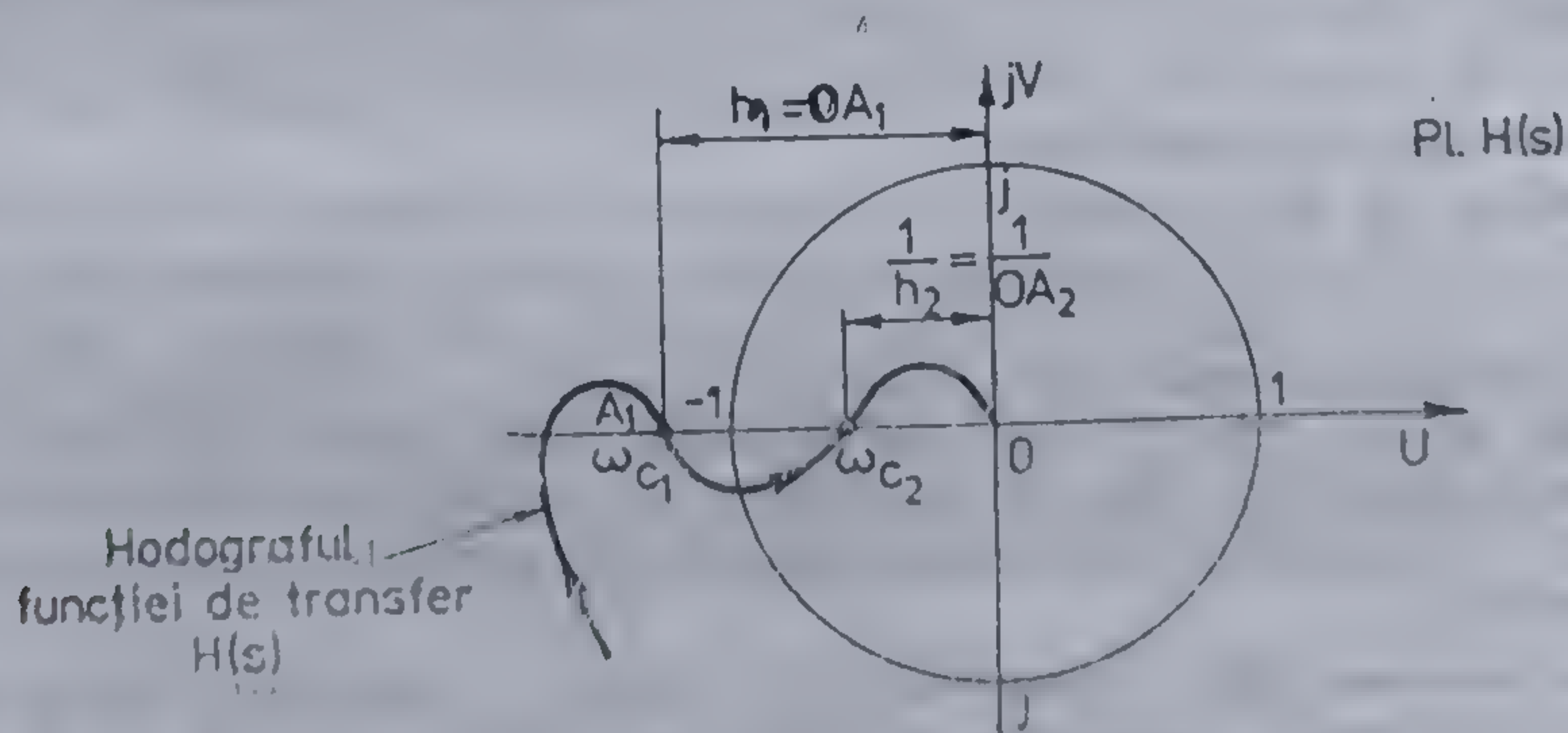


Fig. M.2. Evidențierea grafică a marginii de amplitudine.

**margine de cod**, valoare limită care stabilește numărul minim de simboluri de control  $m$  care permit corectarea a „ $e$ ” erori cu un cod de lungime de cuvânt  $n$ . Există mai multe metode de abordare, în funcție de modul de apreciere a erorilor (individuale sau ca pachete de erori), care conduc la rezultate comparabile, cele



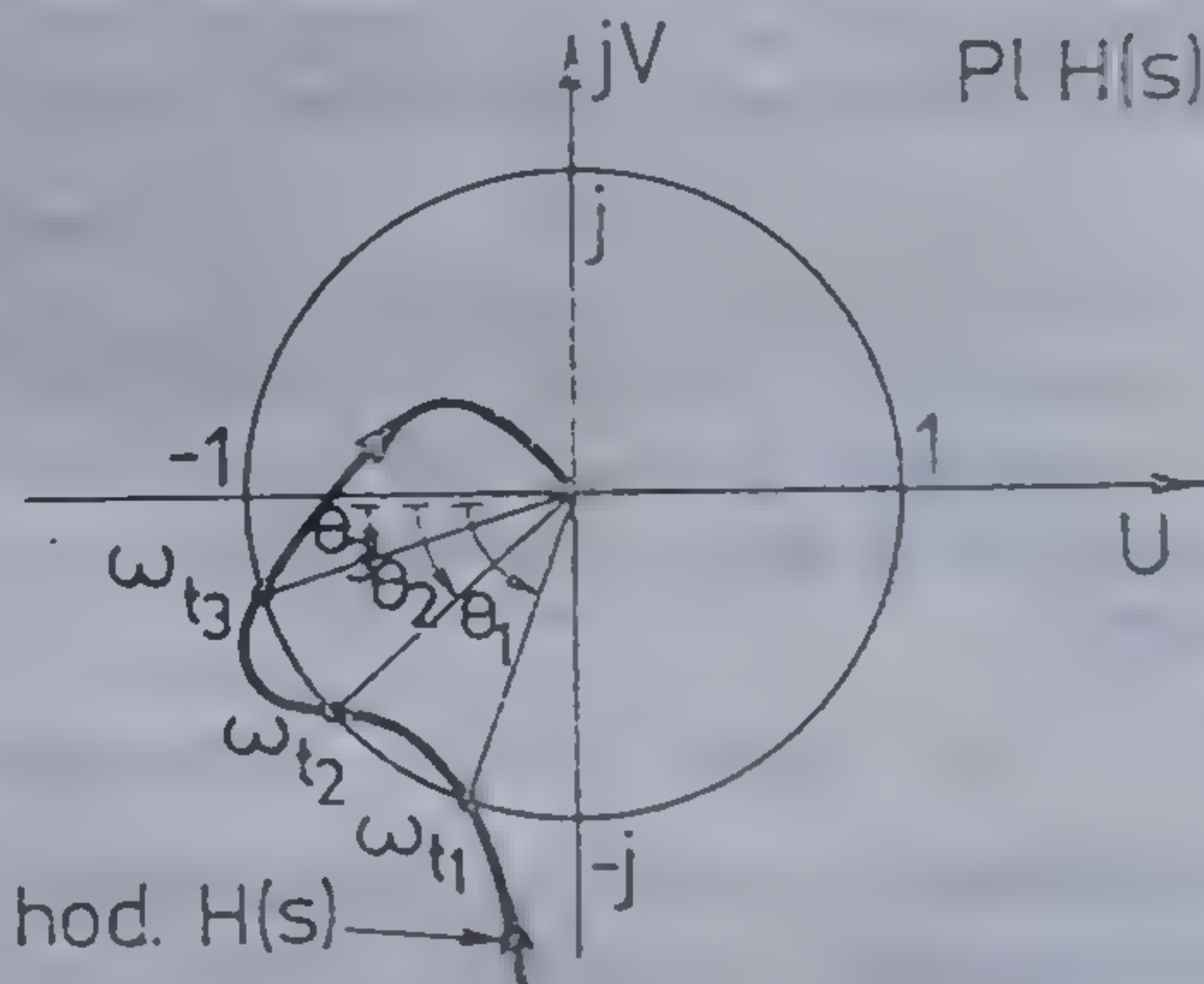
mai cunoscute fiind: m.de c. Hamming  $\left( \text{pentru un cod binar, } 2^m = \sum_{i=0}^n C_n^i \right)$ ,  
 m.de c. Varșamar-Gilbert  $\left( \text{pentru un cod binar, } 2^m = \sum_{i=0}^{2e-1} C_{n-1}^i \right)$ , m.de c.  
 Plotkin  $\left( \text{pentru un cod de grup } (n, k), \text{ definit pe corpul } K(2), \text{ ponderea mini-} \right.$   
 $\left. \text{mală este } \frac{nq^{k-1}(q-1)}{q^k - 1} \right)$ .

margine de fază, mărime ce caracterizează gradul de stabilitate a unui sistem automat liniar: m.de f. se determină analitic cu relația

$$\theta = \pi + \varphi(\omega_l)$$

unde  $\omega_l$  este soluția ecuației  $|H(j\omega)| = 1$  ( $|H(j\omega)|_{dB} = 0$ ). Pentru un sistem automat avînd  $H(s)$  de fază minimă, condiția de strictă stabilitate revine la  $\theta > 0$ . Dacă hodograful funcției de transfer de pe calea directă a unui sistem automat stabil intersectează de mai multe ori cercul de rază unitară, cu centrul în origine (fig. M.3) m. de f. se consideră a fi  $\theta = \min \{\theta_i\}$ .

Fig. M.3. Evidențierea grafică a marginii de fază.



În sinteza sistemelor automate liniare, o m. de f. satisfăcînd condiția  $\theta \in [30^\circ, 60^\circ]$ , se consideră că asigură și îndeplinirea performanțelor tranzitorii dorite.

matricea a excitațiilor, matrice de tip Karnaugh (Veitch) derivată din  $\rightarrow$   
 $\rightarrow$  matricea de tranziție a stărilor unui automat finit, care permite obținerea funcțiilor de excitație ale secțiunii de memorie din structura automatului. Pentru automate secvențiale asincrone realizate cu linii de întârziere m.a e. descrie funcțiile de excitație ce reprezintă intrările în secțiunea de memorie realizată cu porți NAND sau NOR și coincide cu matricea de tranziție a stărilor. Numărul de m. a e. pentru un astfel de automat este egal cu numărul variabilelor de stare. Pentru automate secvențiale asincrone realizate cu automate elementare de tip RS fiecare din matricile de tranziție a stărilor îi corespund două m.a e. pentru cele două intrări R și S ale automatului elementar asociat, construite conform cu dependența

$$Q^{l+1} = S^l + R^l Q^l,$$



unde  $Q^t, Q^{t+1}$  reprezintă valorile binare ale ieșirii normale a automatului elementar la momentele de timp  $t$ , respectiv  $t + 1$ , adică înainte și după tranziția de stare. Pentru automate secvențiale sincrone la care registrul de stare este realizat cu automate elementare de tip  $JK$  sau  $D$ , m.a.e. sînt obținute direct din matricile de tranziții ale stărilor asociate fiecărei variabile de stare  $Q$  (ieșire a automatului elementar) a automatului secvențial, pentru intrările  $J$  și  $K$ , respectiv  $D$ , conform cu dependențele:  $Q^{t+1} = J\bar{Q}^t + \bar{K}Q^t$ , pentru automat elementar  $JK$  de tip master slave, respectiv  $Q^{t+1} = D^t$ , pentru automat elementar de tip bistabil  $D$ .

**matrice coloană (linie) proprie**, matricea polinomială  $P(s)$  de tip  $(p \times m)$  pentru care  $\Gamma_c[P(s)]$  ( $\Gamma_r[P(s)]$  este de rang maximal coloană (linie);  $\Gamma_c[P(s)]$  ( $\Gamma_r[P(s)]$ ) reprezintă o  $(p \times m)$  — matrice, în care fiecare coloană (linie) are ca elemente coeficienții corespunzători  $\rightarrow$  gradului coloanei (liniei)  $\partial_{ci}[P(s)]$  ( $\partial_{ri}[P(s)]$ )  $j=1, m$  ( $i=1, p$ ). Orice matrice  $P(s)$  de rang maximal coloană (linie) ( $\rightarrow$  rangul unei matrici  $P(s)$ ) este unimodular echivalentă la dreapta (stînga) cu o m.c.(l.) p.

**matrice de transfer**, transformata Laplace (transformata  $Z$ ) a  $\rightarrow$  matricii pondere a sistemului continuu (discret)

$$T(s) = \mathcal{L}[T(t)] = C(sI - A)^{-1}B \quad s \in \mathbb{C}$$

$$(T(z) = \mathcal{Z}[T(t)] = C(zI - A)^{-1}B) \quad z \in \mathbb{C}$$

**M.de t.** este o  $(p \times m)$  matrice rațională, care la sistemele fizic realizabile, este strict proprie și descrie complet tranziția intrare-ieșire pentru cazul condiției inițiale nule ( $x(0) = 0$ ) conform relației:

$$y(s) = T(s)u(s)$$

$$(y(z) = T(z)u(z))$$

**matrice de tranziție a stării**, matricea  $\Phi(t, t_0)$  ce descrie evoluția liberă ( $u(t) \equiv 0$ ) a variabilei de stare  $x(t)$  a unui sistem dinamic determinist, conform relației:

$$x(t) = \Phi(t, t_0) x(t_0)$$

**M.de t.a s.** se calculează cu formula  $\Phi(t, t_0) = X(t)X^{-1}(t_0)$  unde  $X(t)$  este o soluție fundamentală a sistemului liniar, adică satisfăcînd  $\dot{X}(t) = A(t)X(t)$ . În cazul particular al sistemelor liniare, matricea de tranziție devine

$$\Phi(t) = e^{At}, \quad t \in \mathbb{R}$$

În cazul continuu și

$$\Phi(t) = A^t, \quad t \in \mathbb{N}$$

În cazul discret. Răspunsul total al unui sistem dinamic, continuu, exprimat cu matricea de tranziție este

$$y(t) = C(t) \Phi(t, t_0) x(t_0) + \int_{t_0}^t C(t) \Phi(t, \tau) B(\tau) u(\tau) d\tau$$

care se particularizează ușor pentru cazul invariant.



matrice de tranziție a stării unui automat finit, aplicație care exprimă în formă matricială tranziția de stare  $\varphi$  a unui automat finit și care este obținută prin codificarea setului de stări  $\hat{S}$  asociat realizării minimale cu ajutorul setului variabilelor de stare,  $\hat{X}$ :

$$\text{Cod } (\hat{S}) = \{\text{cod } (\hat{S}_i)\},$$

$$\text{cod } (\hat{S}_i) = \hat{x}_1^{\alpha_{1i}} \hat{x}_2^{\alpha_{2i}} \dots \hat{x}_p^{\alpha_{pi}}$$

cu

$$x_j^{\alpha_{ji}} = \begin{cases} x_j, & \alpha_{ji} = 1 \\ \bar{x}_j, & \alpha_{ji} = 0 \end{cases} \quad \text{și} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, r \\ j = 1, 2, \dots, p, \end{matrix} \quad r \leq 2^p,$$

iar setul variabilelor de stare corespunzătoare realizării minimale este:

$$\hat{X} = \{\hat{x}_1, \hat{x}_2, \dots, \hat{x}_p\}$$

Matricea de tranziție permite obținerea excitațiilor secțiunii de memorie a unui automat și este derivată direct din  $\rightarrow$  matricea redusă a stărilor:

$$\text{Cod } (\hat{S}(k+1)) = \mathfrak{M}_{TS} (\text{Cod } (\hat{S}(k)), U(k))$$

$$\mathfrak{M}_{TS} = [m_{TSj}] = \mathfrak{M}_{RS}(x_j^{\alpha_{ji}}(k), U(k))$$

$$j = 1, \dots, p; \quad i = 1, \dots, r$$

Conținutul locațiilor matricei de tranziție a stării reflectă natura stărilor automatului finit: pentru o stare stabilă conținutul unei localități este identic cu valoarea variabilei de stare cu care a fost codificată starea redusă (fuzionată) din care face parte respectiva stare stabilă; pentru o stare de tranziție conținutul locației este identic cu valoarea variabilei de stare care a codificat starea stabilă în care tranzitează starea instabilă considerată. Pentru exemplul din fig. M.4 matricea de tranziție a stării este exprimată conform figurii. M.4.

Fig. M.4. Diagrama matricii de tranziție a stării.

$X_1 = p\bar{o} + \bar{o}x_1 = (p + x_1)\bar{o}$

		po			
$x_1$		00	01	11	10
0		0	0	0	1
1		1	0	0	1

matrice de zgomot a unui canal discret, matrice care caracterizează probabilitățile condiționale de a obține un anumit simbol din alfabetul de ieșire în funcție de simbolurile din alfabetul de intrare.

matrice logică programabilă, ansamblu de circuite logice, realizat prin integrare pe scară largă, programabil de către utilizator, destinat implementării blocului de secvențiere și comandă al unităților de comandă de tip automat finit, unitate aritmetică și logică etc. În conducerea proceselor industriale m.l.p. își găsește aplicații în realizarea de dispozitive de comandă speciale (automate programabile, unități destinate operațiilor aritmetice cu numere în diverse formate etc.).



matrice polinomială, matricea  $R(s)$  de tip  $(p \times m)$  ce are ca elemente polinoame cu coeficienți reali din inelul  $\mathbb{R}[s]$  al polinoamelor de grad mai mic sau egal cu  $n$ .

matrice pondere, matrice de tip  $(p \times m)$  care descrie complet tranziția intrare-ieșire a sistemului, cind condiția inițială este nulă ( $x_0 = 0$ ). M.p. este

$$T(t) = Ce^{At}B, \quad t \in \mathbb{R}$$

dacă sistemul este continuu, respectiv

$$T(t) = \begin{cases} 0, & t = 0 \\ CA^{t-1}B, & t \geq 1, \quad t \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

dacă sistemul este discret, iar răspunsul sistemului atașat condiției inițiale nule, exprimat cu m.p. este:

$$y(t) = \int_0^t T(t-\tau)u(\tau) d\tau, \quad t \in \mathbb{R} \text{ (sistem continuu)}$$

$$y(t) = \sum_{k=0}^{t-1} T(t-k)u(k), \quad t \in \mathbb{Z} \text{ (sistem discret)}$$

matrice primitivă a stărilor (unui automat finit), aplicație asociată generării noii stări la un automat finit, care particularizează în formă matricială tranziția de stare  $\phi$  sub formă:

$$S(k+1) = \mathcal{M}_{PS}(S(k), U(k))$$

unde  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{rp}\}$  reprezintă setul finit al stărilor automatului;  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  — setul finit al mărimilor de intrare în automat;  $k, k+1$  — două valori consecutive din mulțimea  $\mathbb{Z}$  a valorilor discrete de timp, în care setul  $S$  este stabil. M.p.a s. reflectă pe coloane corespondența dintre combinațiile variabilelor de intrare și cel puțin o stare internă stabilă a automatului, iar pe linii conține toate tranzițiile posibile dintr-o singură stare internă stabilă. Numărul de coloane ale matricii (codificate în cod ciclic) este  $2^m$ . Numărul de linii al matricii este  $r_p$  și este cunoscut atunci cind au fost considerate toate ciclurile de funcționare completă a automatului. M.p.a s. este însoțită întotdeauna de matricea completă a ieșirilor, ce conține valorile ieșirilor din automat atât pe durata stărilor stabile, cit și pe durata tranzițiilor. În fig. M.5 este reprezentată m.p.a s. însoțită de matricea completă a ieșirilor, pentru un automat secvențial ce asigură pornirea (prin intrare  $p$ ) și oprirea (prin intrare  $o$ ) a unui motor  $M$ .

matrice rațională, matricea  $T(s)$  de tip  $(p \times m)$  avind ca elemente funcții raționale cu coeficienți reali (ce aparțin corpului  $\mathbb{R}(s)$ ).

matrice redusă a stărilor (unui automat finit) aplicație care exprimă în formă matricială generarea noli stări  $S$  pentru o realizare minimală a unui automat finit. M.r.a s. se obține prin reducerea numărului de linii ale  $\rightarrow$  matricii



primitive a stărilor pe baza teoriei echivalării automatelor: două linii ale acesteia (corespunzătoare stărilor stabile  $i$  și  $j$ ) pot fuziona, și în felul acesta se obține o formă redusă, dacă tranzițiile din stările stabile  $i$  și  $j$  conduc, pentru aplicarea

s \ p <sub>0</sub>		00	01	11	10
		00	01	11	10
s <sub>1</sub>	(1)	4	-	2	
s <sub>2</sub>	3	-	5	(2)	
s <sub>3</sub>	(3)	4	-	2	
s <sub>4</sub>	1	(4)	5	-	
s <sub>5</sub>	-	4	(5)	2	

m.p.s.

s \ p <sub>0</sub>		00	01	11	10
		00	01	11	10
s <sub>1</sub>	0	0	x	x	
s <sub>2</sub>	1	x	x	1	
s <sub>3</sub>	1	x	x	1	
s <sub>4</sub>	x	0	0	x	
s <sub>5</sub>	x	0	0	x	

m.c.e. (M)

unde s-au adoptat reprezentările, (x): stare stabilă; x: stare instabilă (tranzitie); -: tranzitie imposibilă (automatul operează în modul fundamental)

Fig. M.5. Reprezentarea prin diagrame a matricii primitive a stărilor și a matricii complete a ieșirilor.

acelorași valori ale variabilelor de intrare  $u$ , într-o stare viitoare unică,  $k$ . Realizarea minimală a automatului este dată de setul stărilor:

$$\hat{S} = \{\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_r\}, \text{ cu } r \leq r_p$$

unde starea stabilă  $\hat{s}_j$  este obținută prin alipirea a  $N_j$  stări stabile din matricea primitivă a stărilor, cu

$$\sum_{j=1}^r N_j = r_p$$

		po			
		00	01	11	10
$\hat{s}$	$\hat{s}_1$	(1)	(4)	(5)	2
	$\hat{s}_2$	(3)	4	5	(2)

m.m.s.

		po			
		00	01	11	10
$\hat{s}$	$\hat{s}_1$	0	0	0	X
	$\hat{s}_2$	1	X	X	1

m.c.e.

Fig. M.6. Reprezentarea prin diagrame a matricii reduse a stărilor și a matricii reduse a ieșirilor.

Generarea noii stări pe forma minimală a automatului

$$\hat{S}(k+1) = M_{RS}(\hat{S}(k), U(k))$$

se poate extinde și asupra unor subseturi  $Y_j$  ale setului mărimilor de ieșire din automat,  $Y$ , conform criteriului concordanței:

$$Y_j = (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jN_j}) = (y_j^{\alpha_1}, y_j^{\alpha_2}, \dots, y_j^{\alpha_{N_j}}) =$$

$$= y_j^{\alpha_1} (1, 1, \dots, 1)$$

$$Y_j(k) = m_{RE_j}(\hat{S}_j(k), U(k))$$



unde  $m_{KEJ}$  este forma matricială a tranziției  $\tau_{ij}$  a unui subset de  $N_j$  mărimi de ieșire. Pentru exemplul din fig. M.6. m.r.a s. și matricea redusă a ieșirilor sînt reprezentate în figură.

**matrice rezolventă** (a  $n \times n$  matricii  $A$ ), transformata Laplace a matricii  $e^{At}$ :

$$\Phi(s) = \mathcal{L}[\Phi(t)] = \mathcal{L}[e^{At}] = (sI - A)^{-1}$$

**matrice unimodulară**, matrice polinomială  $U(s)$ , pătrată, avînd  $|U(s)| = \text{ct.} \neq 0$ ; deci o m.u. este un element inversabil în  $\mathbb{R}(s)$ .

**maxtermen**  $\rightarrow$  formă canonică disjunctivă

**mărimie de comandă**, orice componentă a vectorului  $u \in \mathbb{R}^m$  furnizat de dispozitivul de conducere a sistemului automat și prin variația căruia se asigură îndeplinirea dezideratelor de conducere. Vectorul de comandă  $u$  este o submulțime a vectorului de intrare în partea fixată a sistemului automat, care mai conține și vectorul perturbație.

**mărimie de ieșire**, componentă a vectorului  $y$  (sau vectorul  $y$ ) din modelul unui  $\rightarrow$  sistem dinamic. Specific m.de i. este faptul că variația sa este determinată de variația  $\rightarrow$  mărimii de intrare, prin intermediul sistemului. Cînd referirea se face la sistemul parte fixată ( $\rightarrow$  sistem automat), în locul noțiunii de m.de.i. se utilizează noțiunile de: mărimie de calitate  $z$  asupra căreia se formulează dezideratele de conducere, respectiv mărimie măsurată  $y$ , care are o natură fizică ce o face aptă să fie prelucrată de dispozitivul de conducere pentru realizarea dezideratelor de conducere.

**mărimie de intrare**, componentă a vectorului de comandă  $u \in \mathbb{R}^m$  sau a vectorului perturbație  $p \in \mathbb{R}^p$  pentru sistemul:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + Ep \\ y &= Cx + Gp \end{aligned}$$

Specific m.de i. este faptul că variația sa este independentă de sistem.

**măsurare**, operație avînd drept scop determinarea valorii numerice a unei mărimi fizice și exprimarea sa într-o formă adecvată pentru utilizator. M. se realizează printr-un procedeu experimental de comparație a mărimii de măsurat cu o mărimie de aceeași natură, denumită unitate de măsură. În cazul în care utilizatorul este un operator uman, m. se efectuează, de regulă, cu ajutorul unui  $\rightarrow$  aparat de măsurat. În sistemele automate elementele care îndeplinesc funcții de m. sînt  $\rightarrow$  traductoarele.

**medie**, valoare reprezentativă obținută ca urmare a unor operații matematice aplicate asupra unui șir de date. După caracterul operațiilor se pot calcula următoarele m.:

— m. aritmetică a  $n$  date discrete  $V_1, V_2, \dots, V_n$

$$m_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i$$

— m. valorilor absolute

$$m_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |V_i|$$



— m. pătratică

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n}}$$

— m. ponderată

$$m_p = \frac{\sum_{i=1}^n p_i V_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

unde  $p_i$  sînt ponderile.

— m. geometrică

$$m_g = \sqrt[n]{V_1 \cdot V_2 \cdot \dots \cdot V_n}$$

— m. armonică

$$\frac{1}{m_{arm}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{V_i}$$

— m. temporală pe un interval  $[0, T]$  a unei mărimi reprezentată printr-o funcție continuă de timp  $x(t)$

$$\overline{x(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

— m. unei variabile aleatoare  $X$ , caracterizată prin funcția de repartiție de probabilitate  $F(X)$ .

$$M(x) = \int_0^\infty X dF(X)$$

**membrană**, element elastic utilizat în construcția aparaturii de măsurare și de automatizare pneumatică. M., se utilizează ca element sensibil în traducătoarele de presiune. Cu ajutorul m., presiunea (diferențială, relativă sau absolută) este convertită într-o forță (deplasare). Aceasta modulează o mărime de natură electrică ( $R$ ,  $L$ ,  $C$ ) sau o presiune auxiliară, care determină semnalul de ieșire, reprezentînd presiunea măsurată. M. se folosește ca element de acționare și ca element despărțitor în camere cu volum variabil. Un parametru important ce caracterizează comportarea m. este *rigiditatea* (definită prin raportul dintre variația presiunii ce se exercită asupra m. și variația rezultată a deformației). Rigiditatea trebuie să fie constantă pe întreg domeniul de variație a diferenței de presiune între cele două fețe ale m., pentru asigurarea unei comportări liniare. Inversul rigidității se numește *sensibilitatea* m.



**memorie**, element component al structurii sistemelor de conducere destinat păstrării temporare sau permanente a informației în vederea utilizării ulterioare momentului stocării. Este considerată de tip permanent, **m.** care nu își pierde conținutul la dispariția tensiunii de alimentare, chiar dacă, ulterior, acesta poate fi modificat prin proceduri bine definite. În **m. permanentă** se memorează programele sistemului de conducere, precum și acea parte a bazei de date ce nu suferă modificări pentru aplicația dată. **M. temporară** conține date cu valabilitate limitată în timp, rezultate intermediare etc. Din punctul de vedere al poziției în cadrul sistemului de conducere **m.** este de tipul intern sau extern. **M. internă** conține programele și datele strict necesare desfășurării evenimentului curent. Pentru aplicațiile mai complexe, pentru care **m. internă** nu poate conține toate programele și datele necesare bunei desfășurări a activității sistemului, acestea sînt conținute de **m. externă** și transferate în **m. internă** pe măsură ce devin necesare. **M.** este caracterizată de o serie de parametri: capacitatea, exprimată în numărul maxim de biți, cuvinte, blocuri, ce pot fi memorate; lungimea cuvintului sau dimensiunea blocului, exprimînd numărul de biți sau cuvinte ce se transferă în sau din **m.** printr-o operație de acces; timpul de acces, definind lungimea intervalului de timp scurs între momentul la care s-a comandat efectuarea unei operații de citire sau înscriere din sau în **m.** și cel la care **m.** este pregătită pentru efectuarea operației comandate; durata ciclului, incluzînd timpul de acces și cel al efectuării operației propriu-zise etc. **M. internă** se realizează din materiale semiconductoare, sau mai rar, din materiale magnetice. Drept **m. externă** servesc periferice de uz general cu suport magnetic de stocare a informației.

**memorie analogică**, circuit analogic destinat memorării unei tensiuni analogice pe durate de timp de la zeci de microsecunde la cîteva zeci de minute. **M.a.** se compune dintr-un condensator cu o foarte ridicată valoare a rezistenței de pierderi, conectat la intrarea unei amplificator de amplificare unitară, caracterizat de impedanță de intrare de ordinul a  $10^{12}$  ohmi, ceea ce impune utilizarea tranzistoarelor cu efect de cîmp în etajul de intrare.

**memorie EPROM**, memorie în care informația este înscrisă de către utilizator prin „arderea” unor siguranțe constituite dintr-un material semiconductor special. „Arderea” constă în polarizarea — într-un cîmp electric adecvat — a materialului din care sînt constituite siguranțele. Prin iluminarea cu lumină ultravioletă acestea își recapătă proprietățile inițiale. În absența iluminării cu lumină ultravioletă **m. EPROM** păstrează conținutul informațiilor înscrise pe durate de timp de ordinul a 100 ani. În funcționare normală conținutul **m. EPROM** este nealterabil, el putînd fi doar citit. Acesta poate fi șters și modificat off-line.

**memorie PROM**, memorie în care informația este înscrisă de către utilizator prin arderea ireversibilă (în procesul de programare) a unor siguranțe fuzibile, ceea ce are drept efect nevolatilitatea cu tensiunea de alimentare a conținutului **m. PROM**. În funcționare normală conținutul **m. PROM** este nealterabil, el putînd fi doar citit.

**memorie RAM**, memorie în care informația poate fi înscrisă sau citită prin acces direct (spre deosebire de accesul secvențial). În ultima vreme termenul de **m. RAM** definește memoriile ce pot fi atât citite, cît și înscrise, conținutul acestora pierzîndu-se în mod irecuperabil la dispariția tensiunii de alimentare. **M. RAM** realizate în tehnologii ce le conferă consum redus de energie (CMOS) devin „nevolatile” prin utilizarea unor baterii (de ex., cu litiu) în tampon cu sursa principală de alimentare. În felul acesta conținutul **m. RAM** poate rămîne nealterat pe durata de cca 5 ani. **M. RAM** statice au celulele elementare de memorare realizate din circuite bistabile. Pentru



creșterea capacității de memorare **m. RAM** dinamice se bazează pe memorarea informației în capacitatea joncțiunii semiconductoare, ceea ce necesită reîmprospătarea conținutului la intervale regulate de timp.

**memorie ROM**, memorie în care informația este înscrisă în procesul de fabricație, în conformitate cu specificația utilizatorului, ceea ce conferă nevolatilitate la dispariția tensiunii de alimentare. În funcționare normală conținutul **m. ROM**, este nealterabil, el putînd fi doar citit.

**mentenabilitate**, proprietate a unui dispozitiv, aparat sau echipament, exprimată prin probabilitatea asigurării supravegherii, întreținerii și reparării defecțiunilor într-o anumită perioadă de timp, **t. M.** este asociată noțiunii de  $\rightarrow$  **fiabilitate** conform relației

$$D(t) = M(t) + R(t)$$

unde  $M(t)$  este funcția de **m.**,  $R(t)$  — funcția de fiabilitate și  $D(t)$  — funcția de disponibilitate. Disponibilitatea se exprimă prin probabilitatea ca un dispozitiv, aparat sau echipament să se afle în stare de funcționare în orice moment în intervalul dintre operațiile de întreținere planificate.

**mesaj**, concept informațional ce corespunde unei realizări particulare din ansamblul de idei, imagini, date, ce trebuie transmise de la o sursă de informație către un corespondent. În vederea transmisiei pe un canal, un **m.** este convertit într-un semnal sau o combinație de semnale; un **m. discret** este astfel o mulțime de simboluri (sau caractere). În procesul de transmisie, **m.** conține pe lângă textul informațional propriu-zis o serie de caractere ce indică începutul și sfîrșitul **m.**, asigură sincronizarea sau controlul corectitudinii **m. transmis**. Prin extensie, **m.** poate semnifica orice comunicare tipărită sau vizualizată la un terminal afectat unui sistem de prelucrare a datelor (de ex., imprimantă, tub catodic, consolă).

**metoda liniarizării armonice**, metodă aproximativă de determinare a soluției armonice a unei ecuații diferențiale neliniare, prin  $\rightarrow$  **liniarizare armonică** a părții neliniare. **M.l.a.** se mai numește și metoda primei armonici și în teoria sistemelor este o metodă aproximativă de analiză a stabilității oscilațiilor armonice (întreținute) din sistemele automate neliniare ( $\rightarrow$  **funcție de descriere**).

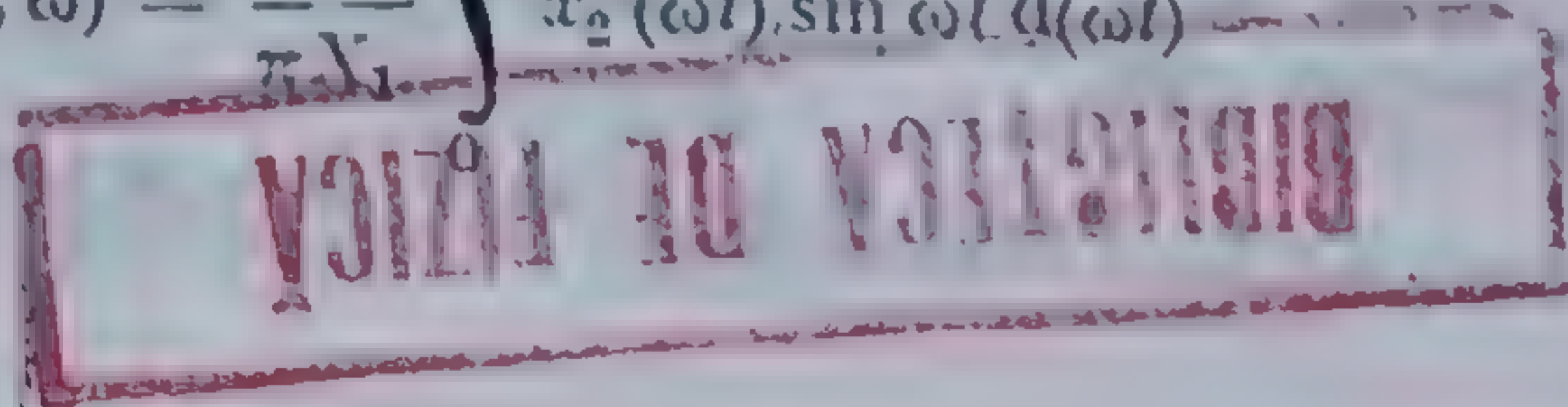
**metoda locului rădăcinilor**, procedură de  $\rightarrow$  **sinteză a sistemelor**.

**metoda primei armonici**, metodă aproximativă de studiu a stabilității oscilațiilor din sistemele automate neliniare, bazată pe  $\rightarrow$  **liniarizarea armonică** a elementului neliniar. **M.p.a.** se mai numește și metoda funcției de descriere și este aplicabilă acelor sisteme automate neliniare la care se poate separa partea liniară de partea neliniară, adică sînt de structura prezentată în fig. M.7, a, și care este echivalentă cu cea din fig. M.7, b. Considerînd că  $H(s)$  este stabilă și are caracter de filtru trece-jos, se pot neglija frecvențele superioare din  $x_2(t)$ , sistemul neliniar fiind caracterizat, cînd  $x_1 = X_1 \sin \omega t$ , de funcția de descriere

$$N(X_1, \omega) = N_R(X_1, \omega) + jN_I(X_1, \omega) = N(X_1, \omega)e^{j\varphi_1(X_1, \omega)}$$

unde

$$N_R(X_1, \omega) = \frac{1}{\pi X_1} \int_{-\pi}^{\pi} x_2(\omega t) \sin \omega t d(\omega t)$$





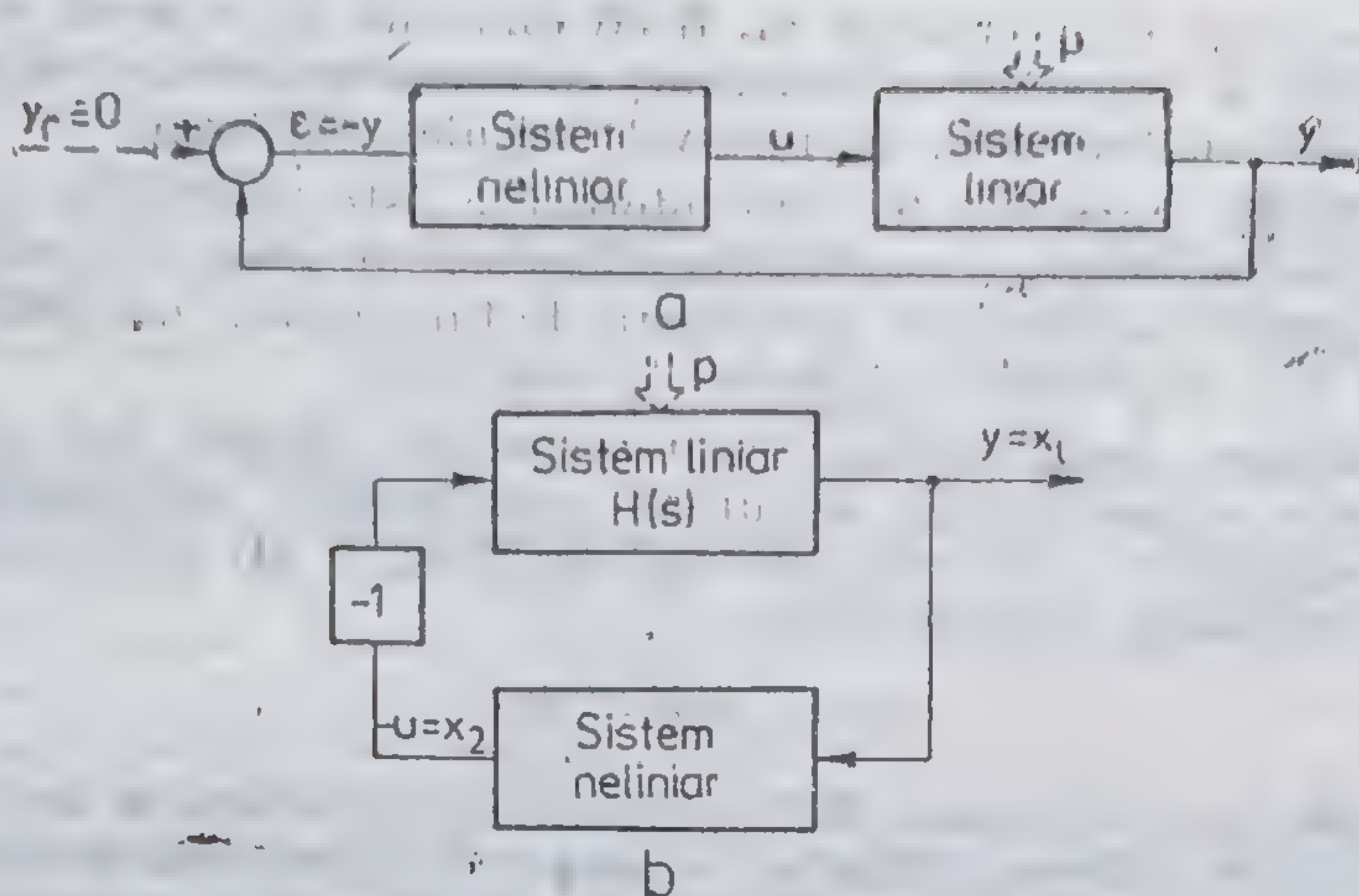


Fig. M.7. Echivalări structurale pentru aplicarea metodei primei armonici

$$N(X_1, \omega) = \frac{1}{\pi X_1} \int_0^{2\pi} x_2(\omega t) \cos \omega t d(\omega t)$$

Criterii specifice de analiză a stabilității oscilațiilor din sistemele automate neliniare, bazate pe m.p.a. sînt  $\rightarrow$  criteriul de stabilitate Nyquist cu punct mișcător și  $\rightarrow$  criteriul de stabilitate Loeb.

metoda trapezelor, metodă de calcul aproximativ al răspunsului indicial al sistemelor liniare, pe baza caracteristicilor de frecvență ridicate experimental. Metoda se bazează pe descompunerea caracteristicii reale de frecvență în trapeze elementare ( $\rightarrow$  caracteristică trapezoidală) pentru care valorile răspunsului indicial sînt tabelate.

metode de frecvență, proceduri de analiză și sinteză a sistemelor automate liniare, pe baza caracteristicilor de frecvență. M. de f. apelează, în general, la caracteristicile de frecvență ale părții fixate, ridicate experimental fără să fie nevoie să se cunoască explicit funcția de transfer. Operația cea mai dificilă în cadrul m. de f. este corelația dintre caracteristicile de frecvență și performanțele sistemului care, uzual, se dau în domeniul timp (pe răspunsul în timp al sistemului); această operație se face fie prin relații aproximative de calcul, fie prin diagrame prezentate în lucrările de specialitate. M. de f. apelează în principal la caracteristicile logaritmice și la caracteristica hodo-graf, permițînd determinarea funcției de transfer a regulatorului automat, pentru care, sistemul automat îndeplinește o serie de performanțe tranzitorii și staționare.

metode de gradient, metode de rezolvare a problemei de  $\rightarrow$  programare matematică fără restricții, în care direcția de deplasare  $h_k$ , la pasul  $k$ , este dată de

$$h_k = - \nabla f(x_k)$$

Ca urmare, în m. de g. relația recurentă de rezolvare a problemei de programare matematică este

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k h_k; k = 0, 1, 2, \dots$$



unde  $\alpha_k$  se determină pe baza  $\rightarrow$  minimizării unidimensionale a funcției, pe direcția  $h_k$ ;  $x^* = x_k$  este soluția problemei de programare matematică dacă  $\|h_k\| = 0$ . Dacă programarea matematică este cu restricții atunci „etapa de gradient” (de minimizare după o direcție  $h_k$ ) se completează cu „etapa de restabilire”, adică de readucere a punctului  $x_{k+1}$  în domeniul  $X$  (metoda de gradient cu restabilire).

metode de gradient conjugat, metode de rezolvare a problemei de  $\rightarrow$  programare matematică fără restricții, în cadrul cărora, direcțiile de deplasare  $h_k$  se aleg în forma tipică

$$h_{k+1} = -\nabla f(x_{k+1}) + \beta_k h_k, \quad k \geq 0$$

Parametrul  $\beta_k$  se determină din condiția ca direcțiile  $h_k$ :  $k \geq 0$  să fie ortogonale. Dacă  $f$  este pătratică atunci m. de g.c. converg într-un număr finit de pași  $k \leq n$ , cel mult egal cu dimensiunea  $n$  a problemei de minimizare. În caz general, presupunând că  $f$  este tare convexă și de două ori derivabilă, m. de g.c. se pot aplica, pasul  $\alpha_k$  alegându-se pe baza condiției de  $\rightarrow$  minimizare unidimensională pe direcția  $h_k$ . Calculul parametrului  $\beta_k$ , ce asigură condiția de ortogonalitate, se face pe baza formulei

$$\beta_k = \frac{(\nabla f(x_{k+1}), \nabla f(x_{k+1}))}{(\nabla f(x_k), \nabla f(x_k))}$$

sau a formulei

$$\beta_k = \frac{(\nabla f(x_{k+1}), \nabla f(x_{k+1}) - \nabla f(x_k))}{(\nabla f(x_k), \nabla f(x_k))}$$

metode de metrică variabilă, metode de rezolvare a problemei de  $\rightarrow$  programare matematică în cadrul cărora  $H_k^{-1}$  ( $H_k \rightarrow$  hessianul funcției  $f$ ) se aproximează pe baza gradientului funcției  $f$ , adică direcția de deplasare, la pasul  $k$ , este:

$$h_k = -M_k \cdot \nabla f(x_k), \quad k \geq 0$$

Specific pentru m. de m.v. este algoritmul Davidson—Fletcher—Powell în care matricile  $M_k$  se determină recursiv cu relațiile

$$M_{k+1} = M_k + \frac{\Delta x_k \cdot \Delta x_k^T}{(\Delta x_k, \Delta g_k)} - \frac{M_k \cdot \Delta g_k \Delta g_k^T M_k}{(M_k \Delta g_k, \Delta g_k)}, \quad k \geq 0$$

$$M_0 = I$$

și unde

$$\Delta x_k = x_{k+1} - x_k$$

$$\Delta g_k = \nabla f(x_{k+1}) - \nabla f(x_k)$$

Și în cazul acestei proceduri, după stabilirea direcției de deplasare  $h_k$ , calculul noului punct se face cu relația

$$x_{k+1} = x_k + \alpha_k h_k$$

unde  $\alpha_k$  se determină cu o procedură de  $\rightarrow$  minimizare unidimensională.



metode de tip Newton, proceduri specifice de rezolvare a problemei de  $\rightarrow$  programare matematică, fără restricții, în care direcția de înaintare, la pasul  $k$ , este

$$h_k = -H_k^{-1} \cdot \nabla f(x_k)$$

$H_k$  fiind  $\rightarrow$  hessianul funcției obiectiv  $f(x)$ , calculat în punctul  $x_k$  și care este presupus pozitiv definit. Dacă  $f$  este pătratică și tare convexă atunci, m. de t.N. asigură atingerea minimului  $x^*$  într-un singur pas optimal,  $\alpha_k^* = 1$ . În practică m. de t.N. se aplică numai în faza finală a algoritmului de rezolvare a problemei de programare matematică, când  $f$  poate fi aproximată cu o funcție pătratică tare convexă, în fazele inițiale lucrându-se cu pasul  $\alpha_k$  determinat prin proceduri de  $\rightarrow$  minimizare unidimensională: în acest caz se spune că metodele sînt de tip Newton cu pas variabil (sau metode cvasi-Newton). Dacă condiția  $H_k > 0$  nu este îndeplinită atunci alegerea direcției se face fie după  $\rightarrow$  metode de gradient, fie modificînd matricea  $H_k$  (de ex., în loc de  $H_k$  se lucrează cu  $\lambda I + H_k$ , unde  $\lambda$  se alege astfel încît  $\lambda I + H_k$  să fie pozitiv definită). Dacă  $\|\nabla f(x_k)\| = 0$  atunci  $x^* = x_k$  este soluția problemei de programare matematică.

microprocesor, unitate centrală a sistemelor de conducere a proceselor realizată prin integrare pe scară largă, avînd facilitățile necesare rulării de programe. Pentru îndeplinirea funcțiilor necesare m. comunică cu mediul exterior prin intermediul magistralelor de adrese, de date și de comenzi ( $\rightarrow$  magistrală de adrese,  $\rightarrow$  magistrală de comenzi,  $\rightarrow$  magistrală de date). Structura unui m. cuprinde: o unitate aritmetică și logică, avînd drept scop efectuarea de operații aritmetice și logice elementare; un set de registre pentru memorarea temporară și manipularea cu viteză ridicată a unui număr relativ mic de rezultate intermediare; un bloc de comandă și secvențiere, care asigură desfășurarea ordonată a tuturor operațiilor în interiorul m., precum și comunicația acestuia cu lumea exterioară; un bloc de decodificare a instrucțiunii curente, care interpretează instrucțiunea în curs și determină acțiunile ce se impun; un bloc de tratare a cererilor de întrerupere utilizat pentru luarea în considerare a evenimentelor asincrone față de desfășurarea programului; tamponane între m. și magistralele sistemului. Principalele caracteristici ale unui m. sînt: capacitatea de memorie maxim adresabilă, avînd valoarea  $2^n$ , unde  $n$  este numărul liniilor magistralei de adrese; lungimea cuvîntului de date, egală cu numărul liniilor magistralei de date (din considerente legate de realizarea capsulei ce conține m. unele variante au magistralele de adrese și date multiplexate în timp, pe aceleași linii fizice); numărul maxim adresabil de porturi intrare/ieșire; numărul și dimensiunea registrelor interne; viteza de lucru; setul de instrucțiuni; modalitățile de adresare. M. uzuale adresează capacități de memorie între 64 K și 8 M cuvinte, operează cu cuvinte de lungime 8, 16, 32 biți sau — în cazul m. realizate în secțiuni — cu cuvinte de lungime determinată prin proiectare, pot adresa între 256 și 64 K porturi de intrare/ieșire, dispun de 8–16 registre interne, execută o instrucțiune de complexitate medie în 150 ns pînă la 2  $\mu$ s, oferă facilități de adresare directă, indirectă, indexată. Din considerente tehnologice unele m. sînt realizate într-o singură capsulă, altele necesită 2–4 capsule. Un caz special îl constituie m. realizate în secțiuni identice constructiv, cu o lungime redusă a cuvîntului (2 sau 4 biți), care pot fi juxtapuse pentru a forma unități centrale cu lungimea cuvîntului teoretic oricît de mare. Aceste unități sînt microprogramabile de către utilizator, ceea ce le conferă flexibilitate în exploatare dar complică procesul de proiectare. Unele structuri de m. înglobează în



aceeași capsulă și un volum redus de memorie EPROM (sau ROM) și RAM, ceea ce le face adecvate pentru utilizarea ca unități de comandă în aplicații de complexitate redusă.

**microprogramare**, metodă de realizare a automatelor de comandă prin înscrierea programelor acestora într-o memorie. Prin m. se obțin microprograme, constituite din microinstrucțiuni. M. presupune o cunoaștere de detaliu a echipamentului căruia îi sînt destinate microprogramele. Spre deosebire de marea majoritate a altor metode de programare, instrucțiunile utilizate în m. conțin atît codul operației și eventualii operatori, cît și adresa instrucțiunii următoare.

**minim de fază** → **problema Bode**

**minimizarea funcțiilor booleene** operație de simplificare a unei funcții booleene întâlnită în analiza și sinteza schemelor logice, avînd drept principal scop funcționarea corectă și sigură a acestora și stabilirea necesarului minim de piese pentru implementare. Această simplificare vizează în principal: reducerea numărului de variabile ce apar în expresia funcției, reducerea numărului de elemente logice ce intervin în schema logică și folosirea de părți comune în realizarea simultană a schemelor logice descrise de un set de funcții booleene. Un rol important în m.f.b. îl are determinarea → **implicanților primi** și a expresiilor ce conțin implicanți primi. Uzual metodele de m.f.b. se împart în două categorii: metode tabelare (de ex., → **diagramă logică Karnaugh**, Veitch) și metode algebrice, dintre care mai cunoscute sînt metoda Quine-McCluskey, metoda Shu-Dietmayer, metoda celui mai mare divizor comun.

**minimizare unidimensională**, minimizarea funcției obiectiv  $f: \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}$   $\mathcal{X} \subset \mathbb{R}^n$ , pe o direcție stabilită  $h_k$ . Ca urmare m.u. revine la determinare<sup>a</sup> pasului de deplasare  $\alpha_k$  pe direcția  $h_k$  astfel încît

$$f(x_{k+1}) = f(x_k + \alpha_k h_k) = \min_{\alpha \geq 0} f(x_k + \alpha h_k)$$

Metodele de m.u. sînt de tipul cu explorare directă (metoda secțiunii de aur, căutare uniformă, metoda șirului Fibonacci etc.) sau metode de interpolare. În unele cazuri determinarea pasului  $\alpha_k$  se face suboptimal, în sensul că pasul  $\alpha_k > 0$  se consideră „acceptabil” dacă are loc inegalitatea

$$f(x_k + \alpha_k h_k) - f(x_k) < \delta \alpha_k (\nabla f(x_k), h_k)$$

unde  $\delta \in \left(0, \frac{1}{2}\right)$  este un număr precizat (de ex.,  $\delta = 0,4$ ). Etapa de

m.u. este prezentă practic în toate metodele de rezolvare (iterativă) a problemelor de → **programare matematică**.

**mintermen** → **formă canonică disjunctivă**

**model**, reprezentare matematică a dependenței dintre mai multe mărimi. Cînd dependența corespunde unui proces fizic realizabil, m. se numește → **sistem**, aceasta însemnînd implicit că între mărimile ce apar în model există o relație de cauzalitate care separă mărimile în două clase: mărimi de intrare (cauză) și mărimi de ieșire (efect). Implementarea unui m. pe un dispozitiv de calcul (analogic, respectiv numeric), în vederea studierii proprietăților esențiale ale acestuia (răspuns la intrări tip, performanțe, stabilitate) se numește **modelare** (analogică, respectiv numerică). Dacă m. reprezintă un deziderat al conducerii, el se numește m. *etalon*, iar conducerea este adaptivă cu m. *etalon*. M. matematice se pot deduce pe cale analitică, pe baza legilor fizice care caracterizează bilanșurile de materiale și energie pentru procesul considerat sau pe cale experimentală prin → **identificare**. Pentru exemplificare se prezintă



deducerea analitică a m. unei coloane de distilare binară (fig. M.8). Determinarea m. se va face considerind următoarele ipoteze (simplificatoare): pe fiecare taler se realizează o amestecare perfectă; cantitățile de lichid pe talere, în rețierbător și condensator sînt constante, fie datorită construcției (talere cu deversare de preaplin), fie datorită reglării nivelului; presiunea în coloană este constantă; debitele de vapori și de lichid în cele două zone ale coloanei sînt constante; cantitățile de vapori dintre talere sînt neglijabile în compara-

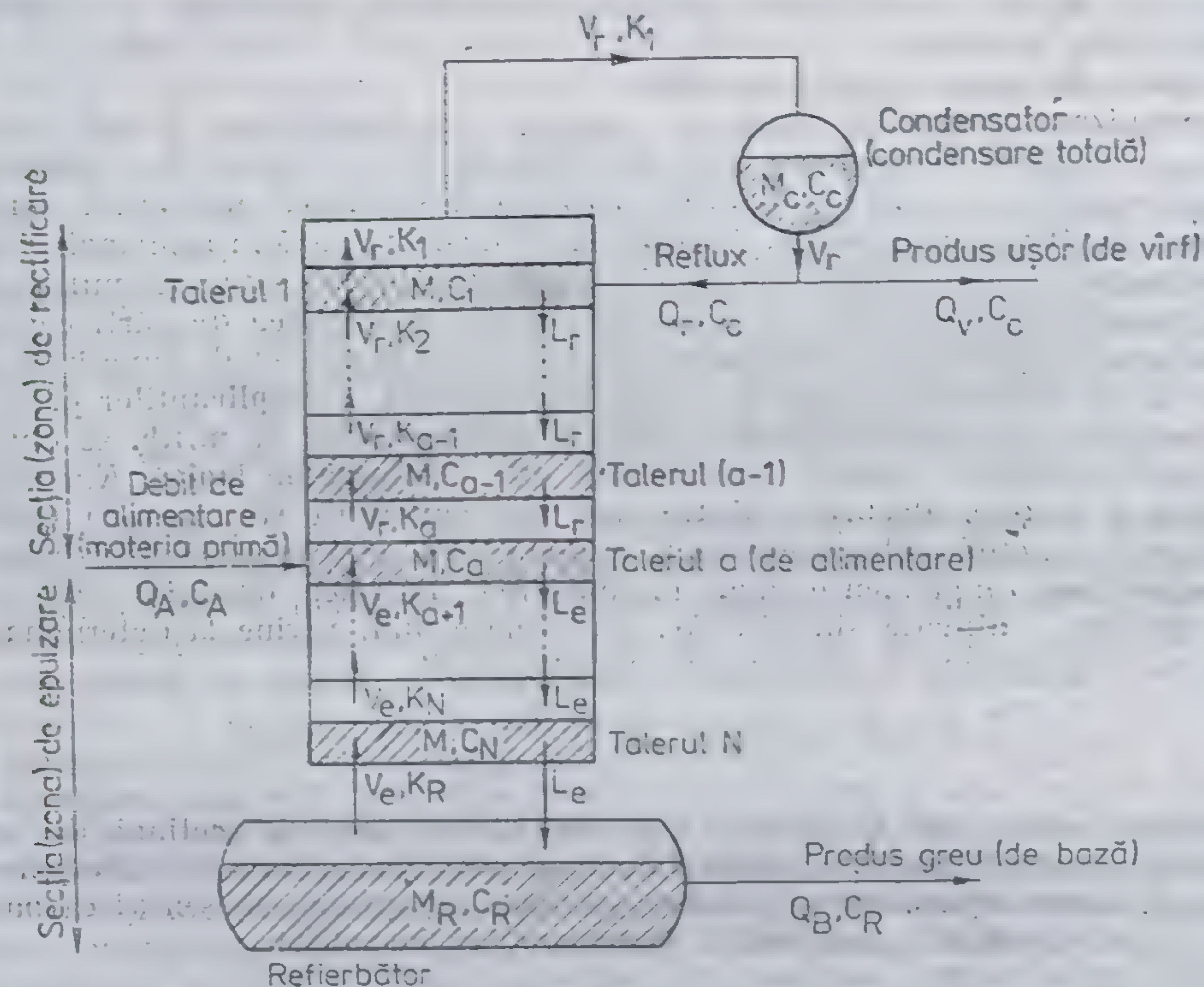


Fig. M.8. Modelul unei coloane de distilare binară:

$Q_v$  — debitul produsului finit de vîrf [mol/min];  $Q_r$  — debitul produsului de recirculare [mol/min];  $Q_B$  — debitul produsului finit de bază [mol/min];  $V_r$  — debitul de vapori în zona de rectificare [mol/min];  $V_e$  — debitul de vapori în zona de epuizare [mol/min];  $Q_A$  — debitul produsului de alimentare [mol/min];  $L_r$  — debitul lichidului (de deversare) în zona de rectificare [mol/min];  $L_e$  — debitul lichidului (de deversare) în zona de epuizare [mol/min];  $M, M_C, M_R$  — masa de lichid de pe un taler, din condensator, respectiv din rețierbător (considerate constante) [mol];  $C_i, C_C, C_R, C_A$  — concentrația lichidului de pe talerul  $i$  ( $i = 1, N$ ), din condensator, rețierbător, respectiv concentrația materiei prime de alimentare;  $K_i$ ;  $i = 1, N$  — concentrația vaporilor ce părăsesc talerul  $i$ .

șie cu cantitatea de lichid aflată pe talere; vaporii se găsesc în echilibru cu lichidul de pe talere (taler ideal); volatilitatea relativă ( $\alpha$ ) a amestecurilor binare este constantă; cantitatea de lichid din deversor nu se ia în considerare; transferul de căldură interfazic este mult mai intens decît transferul de masă interfazic și ca urmare vaporii ce părăsesc un taler au aceeași temperatură cu lichidul de pe taler. În aceste condiții, scriind bilanțul de material se obține:

— în condensator

$$M_C \cdot \frac{dC_C(t)}{dt} = V_r(t) \cdot K_1(t) - V_r(t) C_C(t) \quad (1)$$



— pe talerul  $i$ :  $i = \overline{1, (a-1)}$

$$M \frac{dC_i(t)}{dt} = V_r(t)(K_{i+1}(t) - K_i(t)) + L_r(t)(C_{i-1}(t) - C_i(t)) \quad (2)$$

— pe talerul de alimentare

$$M \frac{dC_a(t)}{dt} = Q_A(t)C_A(t) - L_e(t)C_a(t) + L_r(t)C_{a-1}(t) + V_e(t) \cdot K_{a+1}(t) - V_r(t)K_a(t) \quad (3)$$

— pe talerul  $i$ :  $i = \overline{a+1, N}$

$$M \frac{dC_i(t)}{dt} = V_e(t)(K_{i+1}(t) - K_i(t)) + L_e(t)(C_{i-1}(t) - C_i(t)) \quad (4)$$

— în rețierbător:

$$M_R \frac{dC_R(t)}{dt} = V_e(t)(C_R(t) - K_R(t)) + L_e(t)(C_N(t) - C_R(t)) \quad (5)$$

Ca urmare:

$$\begin{aligned} L_e(t) &= L_r(t) + Q_A(t) \\ V_e(t) &= V_r(t) \\ L_e(t) &= L_r(t) + Q_A(t) \\ V_e(t) &= L_e(t) + Q_r(t) \\ L_e(t) &= V_e(t) + Q_B(t) \\ K_{N+1}(t) &= K_R(t) \\ C_a(t) &= C_A(t) \\ C_0(t) &= C_c(t) \end{aligned} \quad (6)$$

Ecuațiile (1)–(6) reprezintă m. El se scrie în forma de → sistem dinamic neliniar, introducând notațiile uzuale:

$$x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n]^T \stackrel{\Delta}{=} [C_c \ C_1 \ C_2 \ \dots \ C_N \ C_R]^T \quad (7)$$

$$u = [u_1 \ u_2]^T \stackrel{\Delta}{=} [Q_r \ V_e]^T \quad (8)$$

$$z = y = [y_1 \ y_2]^T \stackrel{\Delta}{=} [C_c \ C_R] \quad (9)$$

$$V = [V_1 \ V_2]^T \stackrel{\Delta}{=} [C_A \ Q_A]^T \quad (10)$$



și care reprezintă starea, comanda, calitatea (identică cu măsura) și respectiv perturbația. În mod uzual, acest sistem dinamic neliniar, se aproximează cu un sistem dinamic liniar ( $\rightarrow$  linearizare a unui sistem dinamic) considerând regimul permanent  $(\bar{x}, \bar{u}, \bar{v}, \bar{y})$  și față de care variațiile

$$\Delta x(t) = x(t) - \bar{x}(t)$$

$$\Delta u(t) = u(t) - \bar{u}(t)$$

$$\Delta v(t) = v(t) - \bar{v}(t) \quad (11)$$

$$\Delta y(t) = y(t) - \bar{y}(t)$$

se consideră infiniți mici. În consecință, scriind prin abuz de notație:

$$x(t) \stackrel{\Delta}{=} \Delta x(t), y(t) \stackrel{\Delta}{=} \Delta y(t), u(t) \stackrel{\Delta}{=} \Delta u(t), v(t) \stackrel{\Delta}{=} \Delta v(t)$$

se obține aproximantul liniar (sistem dinamic liniar)

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + Ev(t)$$

$$z(t) = y(t) = Cx(t) \quad (12)$$

în care

$$A = \begin{bmatrix} \frac{-\bar{V}_e}{M_e} & \frac{\bar{V}_e \bar{M}_1}{M_e} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{\bar{L}_r}{M} & \frac{-\bar{V}_e \bar{M}_1 - \bar{L}_r}{M} & \frac{\bar{V}_e \bar{M}_2}{M} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\bar{L}_r}{M} & \frac{-\bar{V}_e \bar{M}_2 - \bar{L}_r}{M} & \frac{\bar{V}_e \bar{M}_3}{M} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \frac{\bar{L}_r}{M} & \frac{-\bar{V}_e \bar{M}_3 - \bar{L}_r}{M} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{-\bar{V}_e \bar{M}_N - \bar{L}_r}{M} & \frac{\bar{V}_e \bar{M}_R}{M} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{\bar{L}_r}{\bar{M}_R} & \frac{-\bar{V}_e \bar{M}_R - \bar{L}_R}{\bar{M}_R} \end{bmatrix}$$



$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{\bar{C}_c - \bar{C}_1}{M} & \frac{\bar{K}_2 - \bar{K}_1}{M} \\ \frac{\bar{C}_1 - \bar{C}_2}{M} & \frac{\bar{K}_3 - \bar{K}_2}{M} \\ \frac{\bar{C}_2 - \bar{C}_1}{M} & \frac{\bar{K}_4 - \bar{K}_3}{M} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{\bar{C}_{N-1} - \bar{C}_N}{M} & \frac{\bar{K}_R - \bar{K}_N}{M} \\ \frac{\bar{C}_N - \bar{C}_R}{M_R} & \frac{\bar{C}_R - \bar{K}_R}{M_R} \end{bmatrix}, E = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \vdots & \vdots \\ \frac{\bar{Q}_A}{M} & \frac{\bar{C}_A - \bar{C}_a}{M} \\ 0 & \frac{\bar{C}_a - \bar{C}_{a+1}}{M} \\ \vdots & \vdots \\ 0 & \frac{\bar{C}_{N-1} - \bar{C}_N}{M} \\ 0 & \frac{\bar{C}_N - \bar{C}_R}{M} \end{bmatrix} \quad (13)$$

← linia  
(a + 1)

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \dots 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \dots 0 & 1 \end{bmatrix}$$

unde s-a notat

$$M_i = \frac{\alpha}{[1 + (\alpha - 1)\bar{C}_i]^2}, \quad i = 0, N + 1 \quad (14)$$

$i = 0$  corespunde condensatorului, iar  $i = N + 1$ , refierbătorului.

**modem** (MODulator — DEModulator), bloc component al aparaturii pentru transmiterea automată a datelor. M. realizează modularea semnalului în cazul emisiei și operația inversă, demodularea, în cazul recepției. Majoritatea m. actuale prelucrează direct informația, în vederea transmiterii ei prin canalul de comunicație sub formă de impulsuri. În funcție de modul de organizare a transmisiilor, m. pot fi utilizate pentru comunicație sincronă sau asincronă, de tip simplex sau duplex, cu viteze de transmisie a informației între 300...9 600 bit/s. M. discrete se pot deosebi și după prezența sau absența corelației între semnalele de ieșire din m., când nu există corelație între simbolurile de la intrare. Astfel, cele mai utilizate m. pentru canale telefonice sînt m. fără corelație în cod binar și cu două semnale, care lucrează la viteze de pînă la 1 200 bit/s. Pentru viteze mari (4 800 bit/s) m. trebuie prevăzute cu circuite pentru corecția caracteristicilor de amplitudine și de fază (egalizare automată). Considerînd că pe canal se transmit mai multe semnale, necorelate,  $s_i(t)$ ,  $i = 1, \dots, m$ . atunci m. se numesc optimale, dacă energia semnalelor este aceeași, adică

$$\int_0^T s_i^2(t) dt = E^2, \quad 1 \leq i \leq m, \quad \text{și} \quad \int_0^T s_i(t) s_j(t) dt = 0 \quad E^2$$



și, respectiv,  $m$ , cu semnale ortogonale dacă

$$\int_0^T s_i(t) s_j(t) dt = 0$$

pentru  $i \neq j$ .

**modulație**, proces de variație în timp a parametrilor unui semnal (purător) în raport cu valorile curente ale unui alt semnal (modulator).  $M$ , este descrisă matematic prin definirea funcției ce caracterizează semnalul purtător:  $p = p(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, t)$  și a dependenței funcționale a parametrilor  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  de semnalul modulator  $m(t)$  care le produce variația. Cele mai frecvent întâlnite semnale purtătoare sînt de tip periodic sinusoidal (*m. armonică*) sau tren de impulsuri (*m. de impuls*). Astfel, pentru o purtătoare sinusoidală  $p(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$  parametrii ce pot fi modulați sînt amplitudinea (*m. în amplitudine* —  $MA$ ), frecvența (*m. în frecvență* —  $MF$ ) și faza (*m. în fază* —  $MP$ ), expresiile semnalelor modulate fiind:

$$p(t)_{MA} = A[1 + m(t)] \sin(\omega t + \varphi)$$

$$p(t)_{MF} = A \sin \left[ \omega t + \omega_\alpha \int_0^t m(\tau) d\tau + \varphi \right]$$

$$p(t)_{MP} = A \sin [\omega t + \varphi_\alpha m(t)]$$

În aceste relații  $m(t)$  poate avea o variație continuă sau discretă de la  $-1$  la  $1$ ,  $\omega_\alpha$  reprezintă diferența dintre pulsația instantanee a semnalului modulat și pulsația purtătoarei, iar  $\varphi_\alpha$  diferența între faza instantanee a semnalului modulat și faza purtătoarei.  $MA$  poartă numele de *m. liniară* deoarece între funcția modulatorie și semnalul modulat este o dependență liniară (ce produce o translație a spectrului mesajului pe axa frecvențelor).  $MF$  și  $MP$  poartă numele de *m. exponențială*, deoarece spectrul semnalului modulat suferă transformări care implică multiplicarea cu funcții exponențiale. În cazul *m. de impuls*, în funcție de parametrii ce pot fi modificați, se disting *m. în amplitudine a impulsurilor* ( $MIA$ ), *m. în frecvență a impulsurilor* ( $MIF$ ), *m. în poziție a impulsurilor* ( $MIP$ ) și *m. în durată a impulsurilor* ( $MID$ ). Acești parametri pot fi modulați în mod continuu, odată cu mesajul, sau după ce acesta a fost în prealabil cuantizat în nivel, situație în care  $m$ , se numește *m*, în cod de impulsuri ( $MIC$ ). Pentru o purtătoare

$$p(t) = A \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t - nT - \theta_0) - u_{-1}(t - nT - \theta_0 - \tau)] \text{ în care } u_{-1}(t) \text{ este}$$

funcția treaptă unitară,  $A$  — amplitudinea,  $T$  — perioada,  $\tau$  — lățimea și  $\theta_0$  — faza inițială (poziția) impulsurilor, expresiile semnalelor modulate cu funcția modulatorie  $m(t)$  vor fi:

$$p(t)_{MIA} = A[1 + m(t)] \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t - nT - \theta_0) - u_{-1}(t - nT - \theta_0 - \tau)]$$



$$F(t)_{MIP} = A \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t - t_n - 0_0) - u_{-1}(t - t_n - 0_0 - \tau)], \text{ cu } t_n = \sum_{k=0}^{n-1} T[m(t_k)]$$

$$p(t)_{MIP} = A \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t - nT - 0_0) - u_{-1}(t - nT - 0_n - \tau)], \text{ cu } 0_n = 0[m(nT)]$$

$$p(t)_{MID} = A \sum_{n=0}^{\infty} [u_{-1}(t - nT - 0_0) - u_{-1}(t - nT - 0_0 - \tau_n)] \text{ cu } \tau_n = \tau[m(nT)]$$

În fig. M.9 sînt prezentate formele de undă ale semnalelor modulate în purtătoare sinusoidală (a) și tren de impulsuri (b) de un semnal modulator binar. Principalele aplicații ale m. se întîlnesc în tehnica transmiterii la distanță a semnalelor pe canale perturbate, cu scop de protejare a conținutului informațional, realizate fizic cu dispozitive de tip  $\rightarrow$  modem. M. se întîlnește, de asemenea, în dispozitive de automatizare care utilizează amplificatoare de curent continuu cu modulare — demodulare, ce permit obținerea unor valori reduse ale derivatei și realizarea unei separări galvanice între circuitul de prelucrare a semnalului și cel de furnizare a semnalului util în scheme de automatizare.

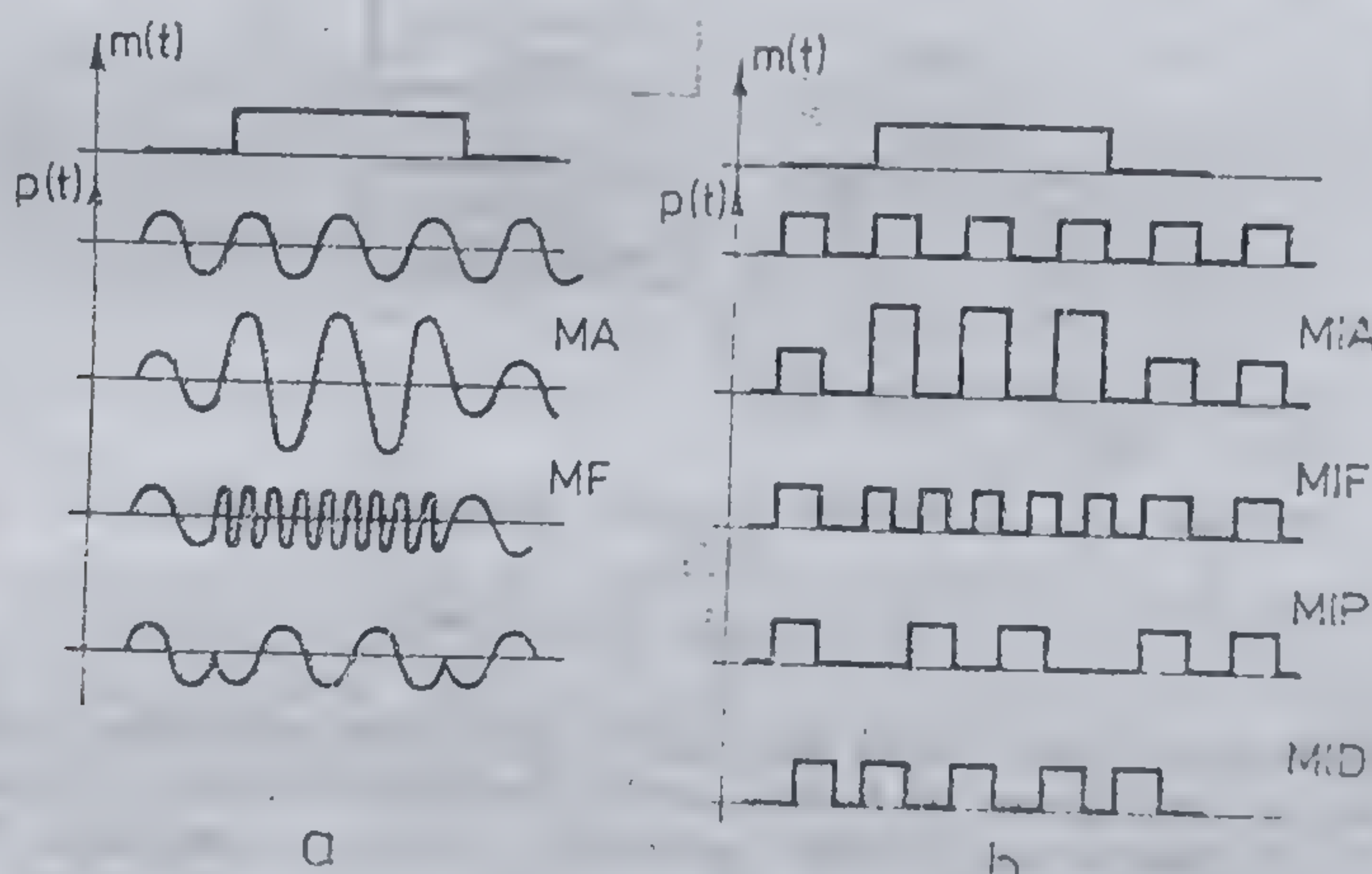


Fig. M.9. Exemple de modulație cu semnal binar:  
a — cu purtătoare sinusoidală. b — cu tren de impulsuri.

modulator, dispozitiv cu ajutorul căruia se realizează  $\rightarrow$  modulația. Principalele tipuri de m. sînt: m. pentru modulația armonică și m. de impulsuri. M. pentru modulația armonică sînt realizate cu elemente neliniare de circuit (tuburi, tranzistoare) și redau la ieșire oscilații de pulsație  $\omega_0 \pm k\omega_m$ ,  $k = 1, 2, 3, \dots$ , unde  $\omega_0$ ,  $\omega_m$  sînt, respectiv, pulsația semnalului purtător  $p(t)$  și a semnalului modulator,  $m(t)$ . M. pentru modulația armonică în amplitudine (MA) realizate cu tranzistoare reprezintă etaje amplificatoare de putere la care, din considerente energetice, regimul de funcționare este în clasa C. Parametrii schemei se aleg astfel încît să se obțină o dependență cît mai liniară între amplitudinea fundamentală a curentului de la ieșire și mărimea semnalului  $m(t)$ , care acționează asupra tensiunii de polarizare a unuia dintre



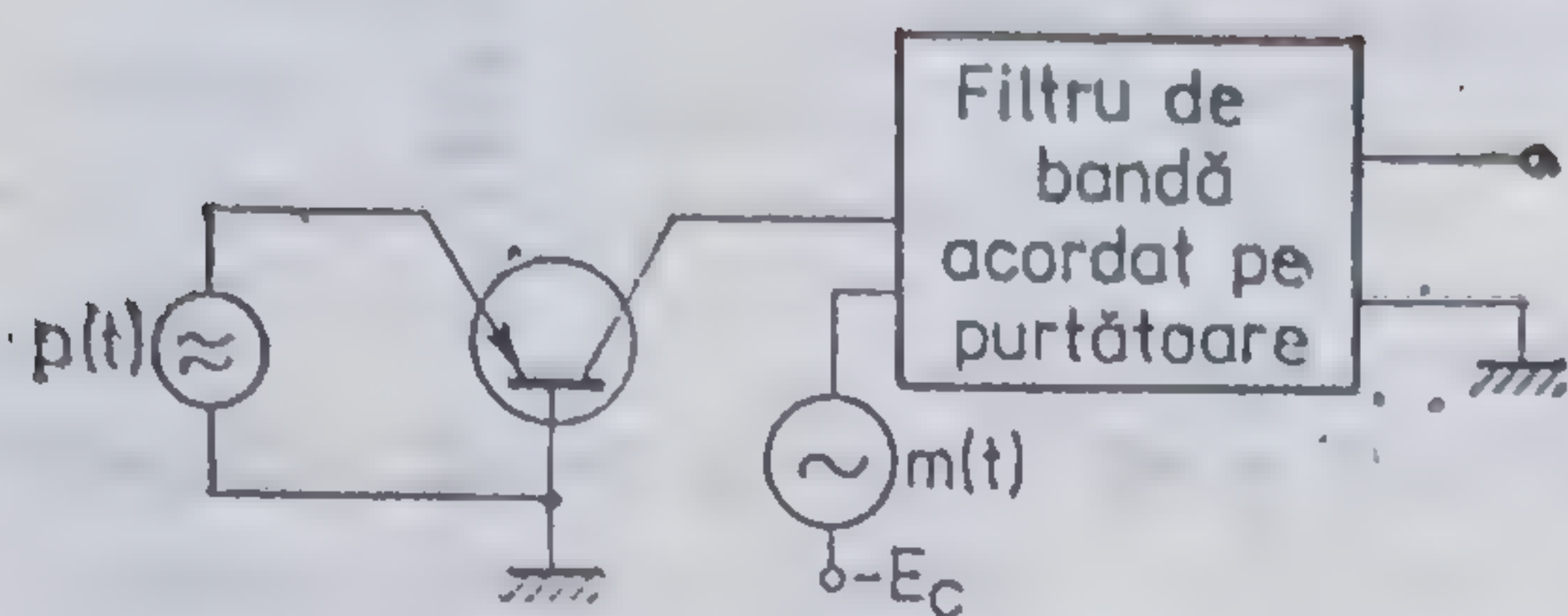


Fig. M.10. Schema de principiu a unui modulator armonic în amplitudine (MA).

electrozi. În fig. M.10 se prezintă un m. armonic cu  $MA$  realizat cu element neliniar tranzistorizat, cu modulație în colector. M. pentru modulația armonică în frecvență ( $MF$ ) se bazează pe metode directe, fig. M.11, *a* sau indirecte de modulare, fig. M.11, *b*. La m. cu  $MF$  directă semnalul  $m(t)$  acționează asupra parametrilor care determină frecvența unui oscilator care generează semnalul  $p(t)$ . M. cu  $MF$  indirectă realizează întâi o oscilație cu un alt

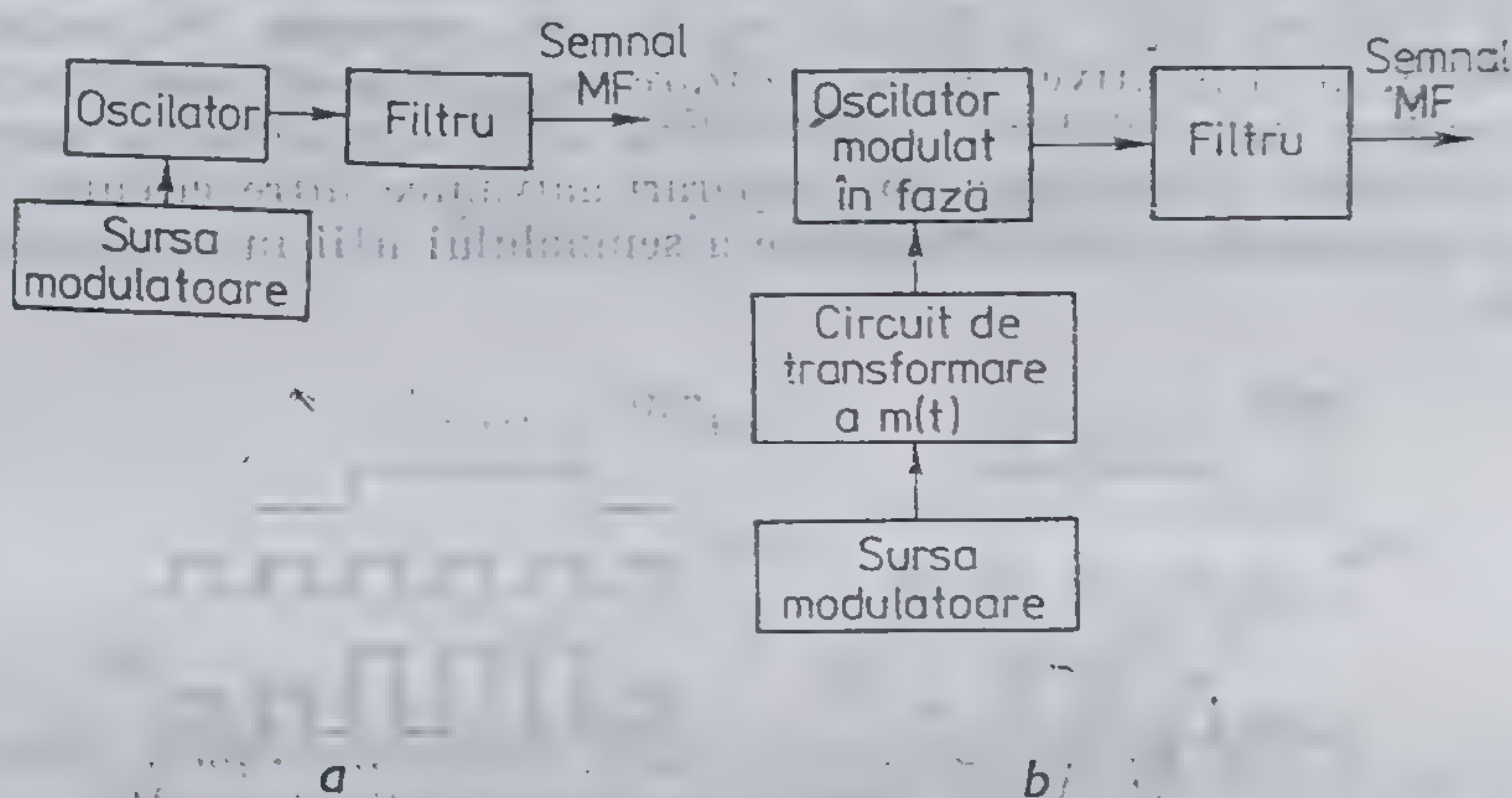


Fig. M.11. Schema de principiu pentru modulația armonică în frecvență ( $MF$ ):

- *a* - directă; *b* - indirectă.

tip de modulație (de ex.,  $MA$  sau  $MP$ ), din care se obține, prin procedee convenabile, o oscilație cu  $MF$ . M. pentru modulația armonică în fază ( $MP$ ) din fig. M.12 utilizează un oscilator cu cuarț. Rezistența variabilă  $R$  este funcție de semnalul  $m(t)$ . Diferența de fază  $\theta_p$  între tensiunea de ieșire  $E_x$  a oscilatorului cu cuarț și tensiunea  $E_r$  culeasă de pe  $R$  este dată de relația

$$\theta_p = \arctg (X/R), \quad X = \frac{1}{\omega_x C}, \quad \text{cu } \omega_x \text{ pulsația cristalului de cuarț. M. de}$$

impulsuri se clasifică în: m. de impulsuri cu modulație continuă, la care semnalul  $m(t)$  este eșantionat și care realizează -  $MIA$ ,  $MIF$ ,  $MIP$ ,  $MID$ , și m. de impulsuri cu modulație discontinuă, la care semnalul  $m(t)$  este eșantionat și eșantioanele cuantizate (m. de impulsuri în cod -  $MIC$  sau delta -

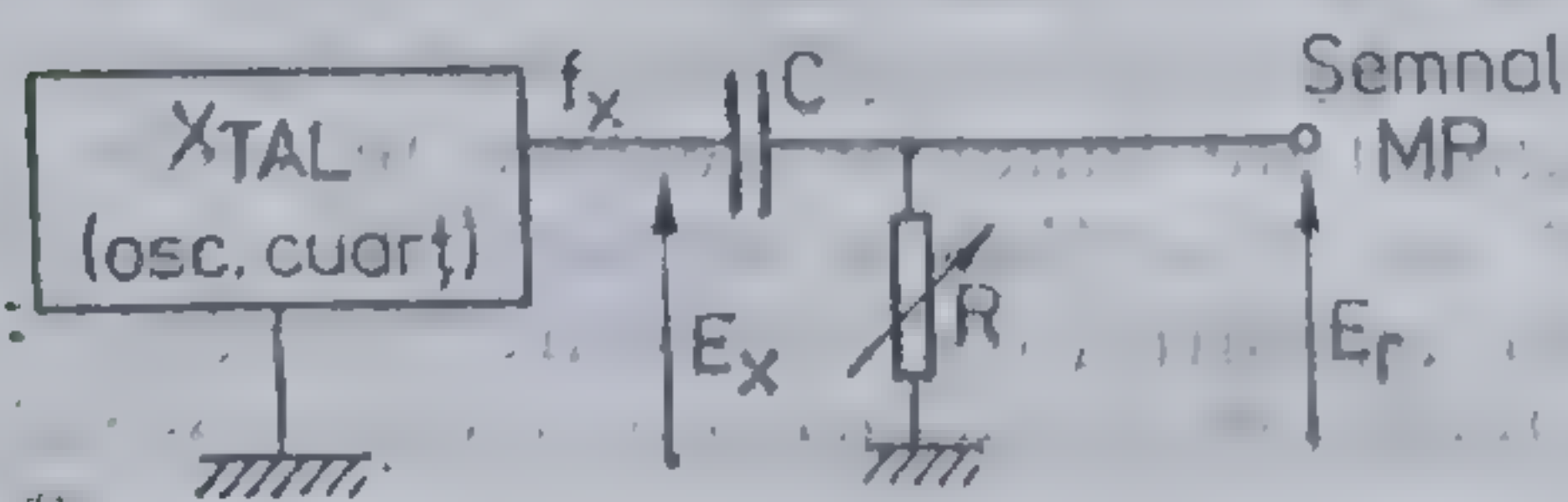
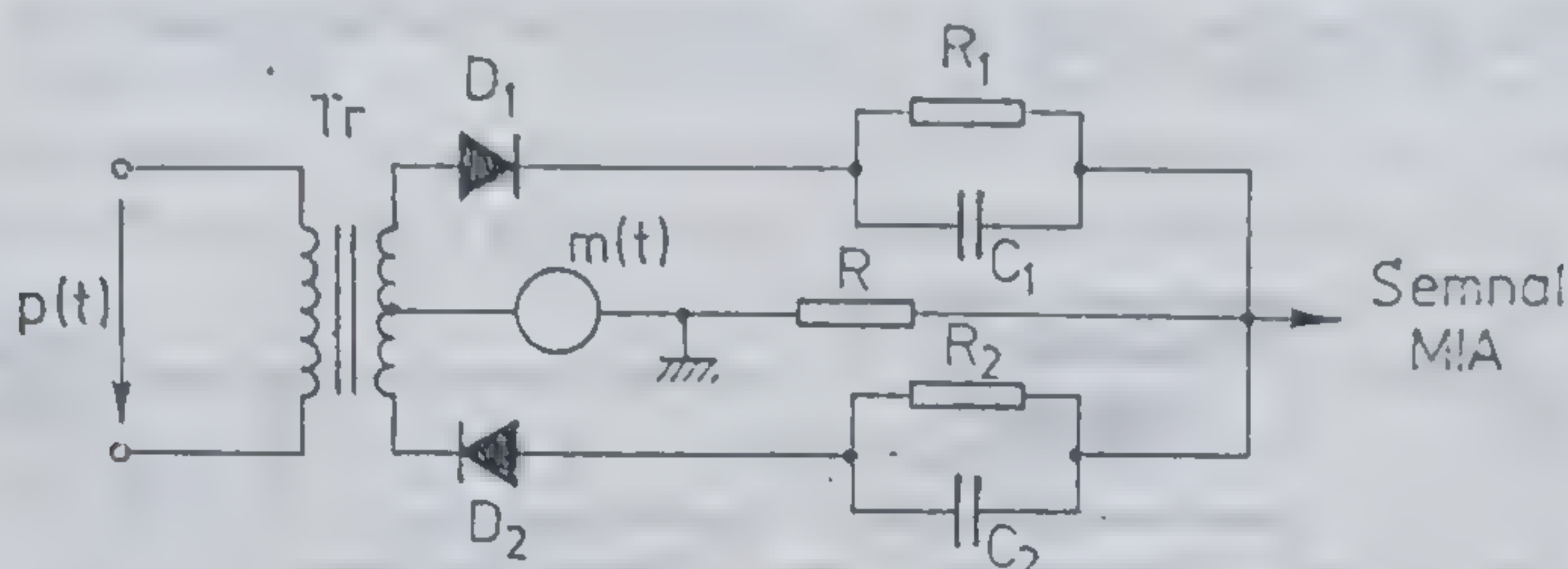
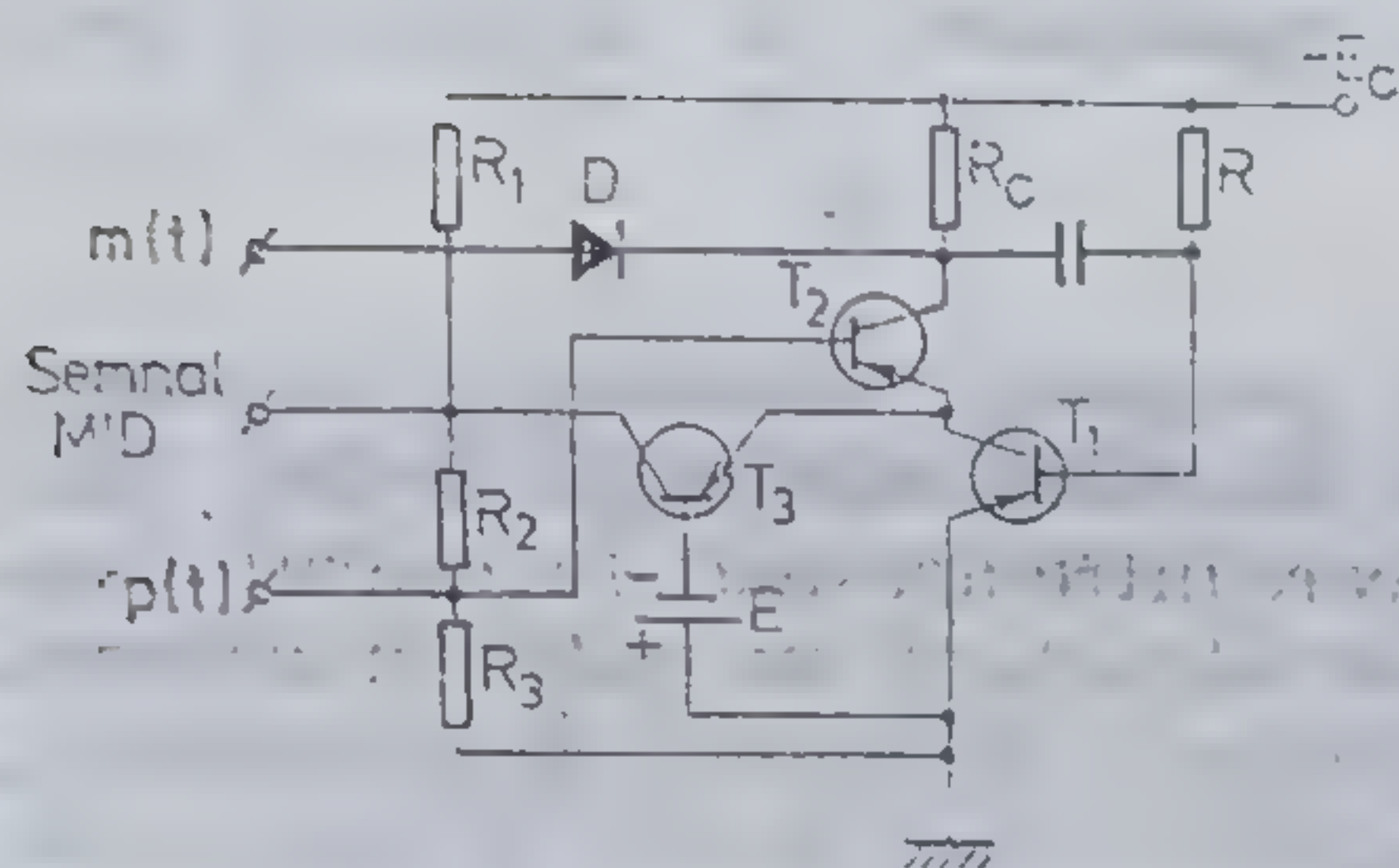
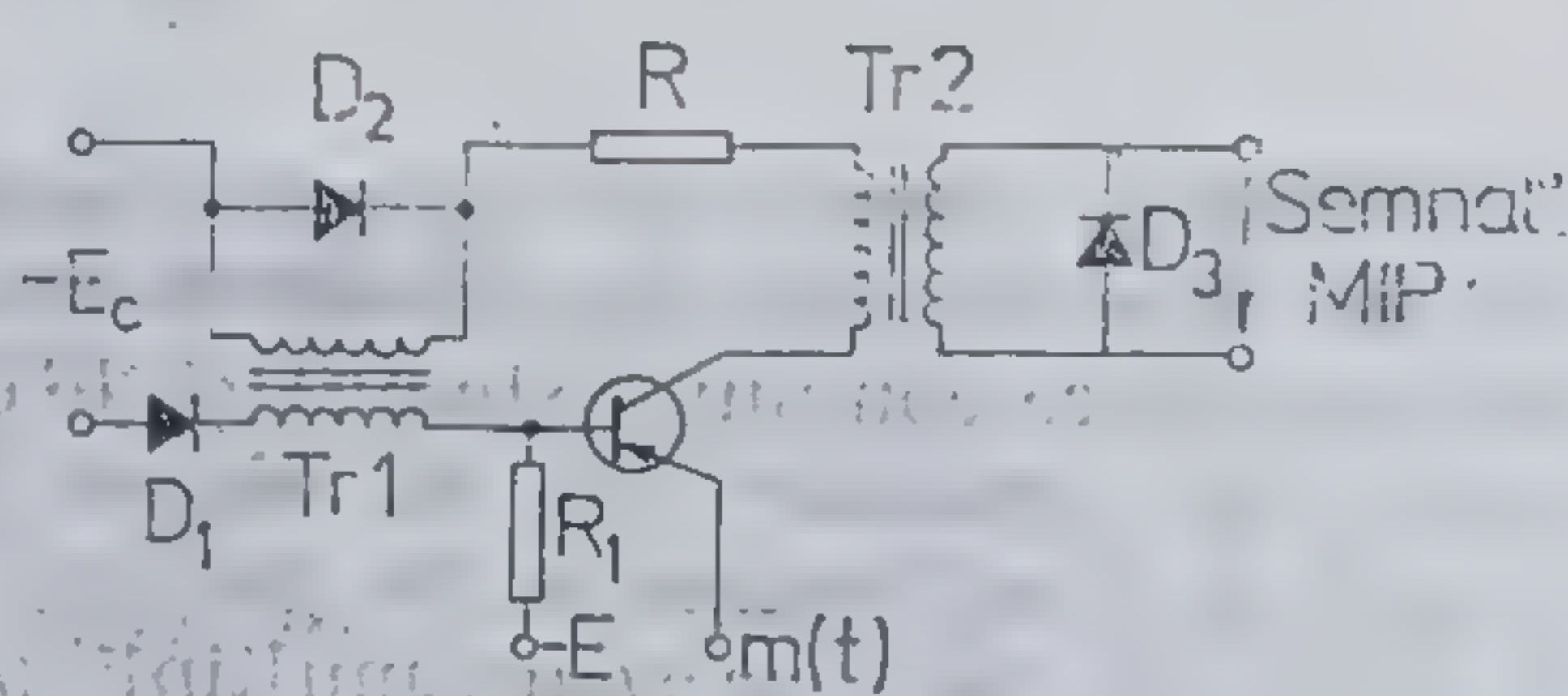


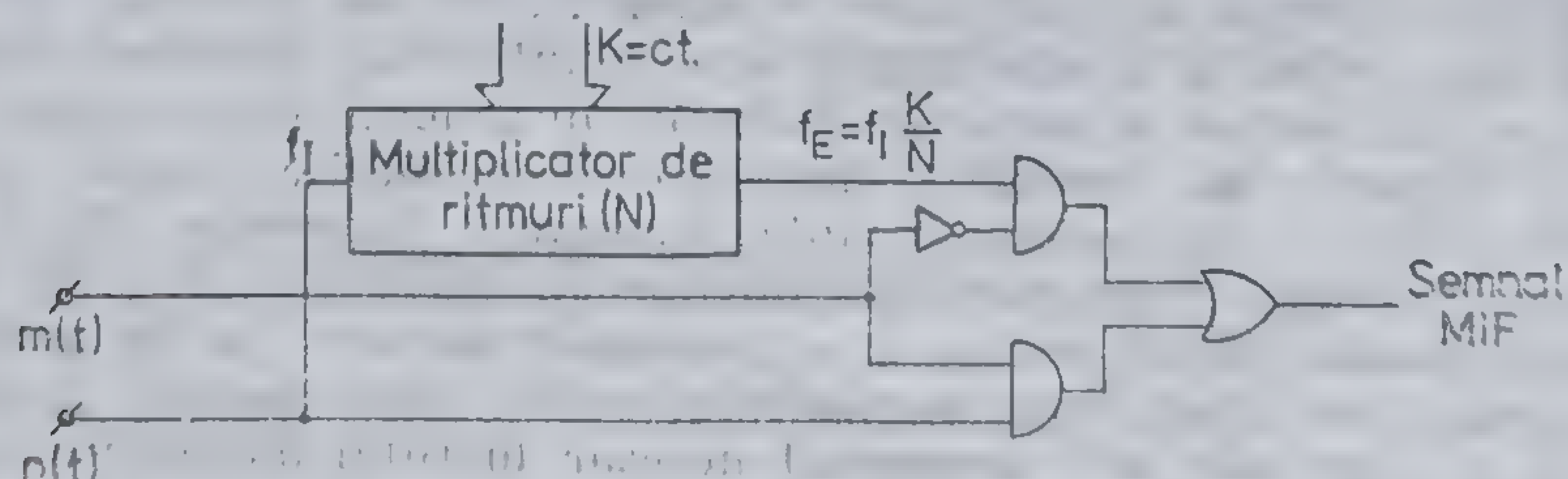
Fig. M.12. Schemă de principiu pentru modulația armonică în fază ( $MP$ ).



$M I \Delta$ ). La m. de impulsuri în amplitudine  $M I A$ , succesiunea de impulsuri nemodulate  $p(t)$  se aplică unui limitator al cărui prag de limitare este variabil, fiind comandat de semnalul modulator,  $m(t)$ . În fig. M.13 este prezentat un m. de impulsuri tip  $M I A$  cu poartă comandată. La m. de impulsuri în durată ( $M I D$ ), trenul de impulsuri  $p(t)$  se aplică unui sistem de întârziere variabilă cu comparator. Pragul de comparare este comandat de semnalul  $m(t)$ , ca în fig. M.14. M. de impulsuri în poziție ( $M I P$ ) se realizează după

Fig. M.13. Modulator în impulsuri ( $M I A$ ).Fig. M.14. Modulator de impulsuri în durată ( $M I D$ ).Fig. M.15. Modulator de impulsuri în poziție ( $M I P$ ).

același principiu ca și  $M I D$ , dar se rețin doar momentele comparării (fig. M.15). Pentru a realiza o  $M I F$ , conform diagramei de semnal din fig. M.9, b, se poate utiliza un m. de impulsuri numeric, ce utilizează un multiplicator (binar sau decadic) de ritmuri (fig. M.16). La m. de impulsuri în cod ( $M I C$ ),

Fig. M.16. Schema de principiu a unui modulator de impulsuri în fază ( $M I F$ ).

valorile cuantizate ale eșantioanelor semnalului  $m(t)$  sînt transmise în cod binar natural (sau alt cod binar). Schema unui m. în impulsuri de tip  $M I C$  este dată în fig. M.17. M. de impulsuri delta ( $M I \Delta$ ) compară eșantioanele cuantizate ale semnalului modulator  $m(t)$  și se transmite semnul diferenței, exprimat în cod binar. Schema bloc a  $M I \Delta$  este redată în fig. M.18.



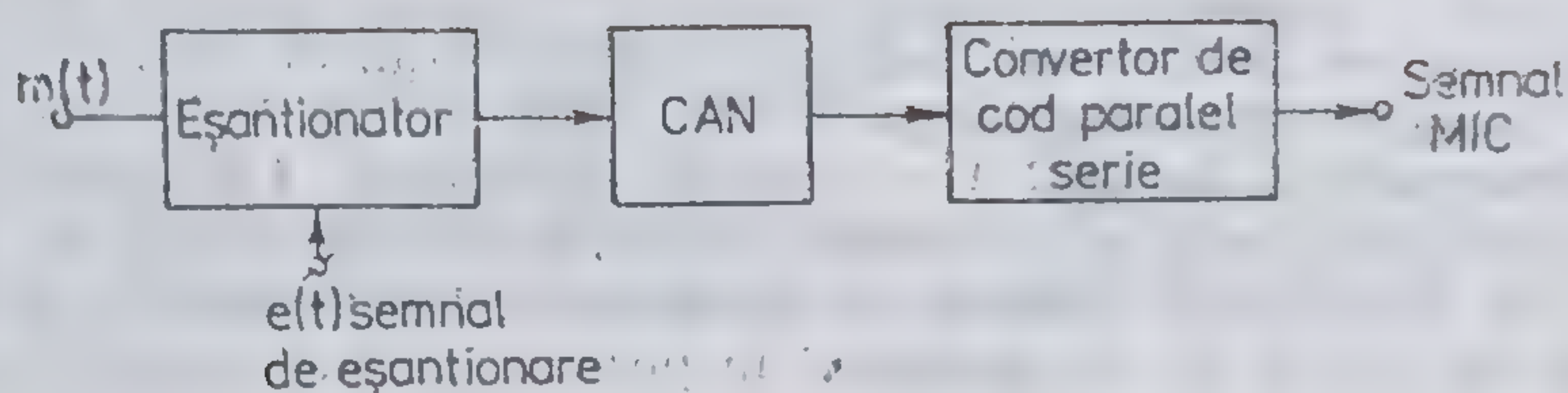


Fig. M.17. Schema de principiu a unui modulator de impulsuri în cod (MIC)

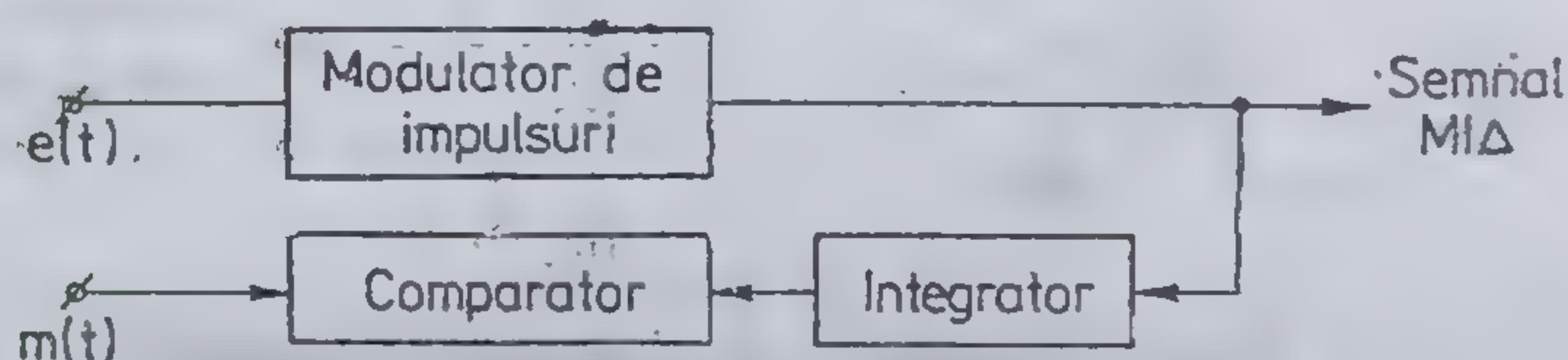


Fig. M.18. Schema de principiu a unui modulator de impulsuri delta (MID).

monitor, componentă a sistemului de programe destinată soluționării tuturor problemelor de alocare a resurselor, de distribuire a încărcării între elementele ce compun sistemul și de comunicare între acestea. În cadrul sistemului de conducere cu un singur procesor structura  $m$ . este, în general, simplă și funcționarea sa se bazează pe utilizarea sistemului de întreruperi. În sistemele cu procesoare multiple pot coexista mai multe  $m$ ., în funcție de resursele sistemului, a căror activitate este sincronizată prin mecanisme de tip semafor, necesare traversării sigure a zonelor critice de către procesele sistemului.

motor, element de acționare (mașină de forță) care preia o formă de energie, transformând-o în energie mecanică a unor corpuri aflate în mișcare. Principalele tipuri de  $m$ . sînt prevăzute cu rotor (la care mecanismul motor are o mișcare de rotație) sau cu piston (la care mecanismul motor are o mișcare rectilinie — alternativă sau rotativă). În sistemele automate,  $m$ . reprezintă dispozitivul de acționare a elementului de execuție ( $\rightarrow$  servomotor), și este inclus în partea fixată a sistemului. La stabilirea regimului de mișcare a unui sistem de acționare intervin, în general, trei cupluri, corespunzătoare respectiv  $m$ ., sarcinii și masei totale de inerție: cuplul motor — activ, cuplul static — de sarcină și cuplul dinamic — de inerție. Cuplul motor ( $M_m$ ) este un moment activ, deoarece produce mișcarea ansamblului; el este caracteristic fiecărui tip de motor și se consideră pozitiv. Cuplul static ( $M_s$ ) este un moment rezistent, opus momentului motor, fiind specific fiecărui tip de sarcină și cuprinde atât momentul necesar lucrului mecanic util, cât și momentul de frecare mecanică (frecare în lagăre, frecare cu aerul);  $M_s$  se consideră negativ. Cuplul dinamic ( $M_d$ ) este un moment rezistent, prin care masele în mișcare se opun variațiilor de viteză. Acest cuplu se consideră negativ în regim de accelerare și pozitiv în regim de frinare. Ecuația fundamentală a mișcării stabilește echilibrul cuplurilor  $M_m$ ,  $M_s$ ,  $M_d$ :

$$M_m - M_s - M_d = 0$$



Alegerea  $m$ , cu care sînt echipate elementele de execuție se face în funcție de diagrama de sarcină (caracteristica mecanică) a acestor elemente. Caracteristica mecanică a sarcinii reprezintă dependența dintre cuplul static și una din următoarele mărimi: viteza, unghiul de rotație, spațiul sau timpul. După forma de energie pe care o convertesc în energie mecanică, motoarele utilizate în sistemele de reglare a proceselor industriale pot fi: electrice, hidraulice, pneumatice, termice.

motor asincron trifazat, motor electric a cărui înfășurare trifazăată statorică este conectată la o rețea electrică trifazăată de alimentare. Cele trei înfășurări ale statorului vor fi parcurse de curenți de pulsație  $\omega$  care formează un sistem trifazat simetric, echilibrat. Ei produc un cîmp învîrtitor ce se rotește în sensul succesiunii fazelor statorului cu viteza unghiulară de rotație  $\Omega_1 = \omega/p$ .

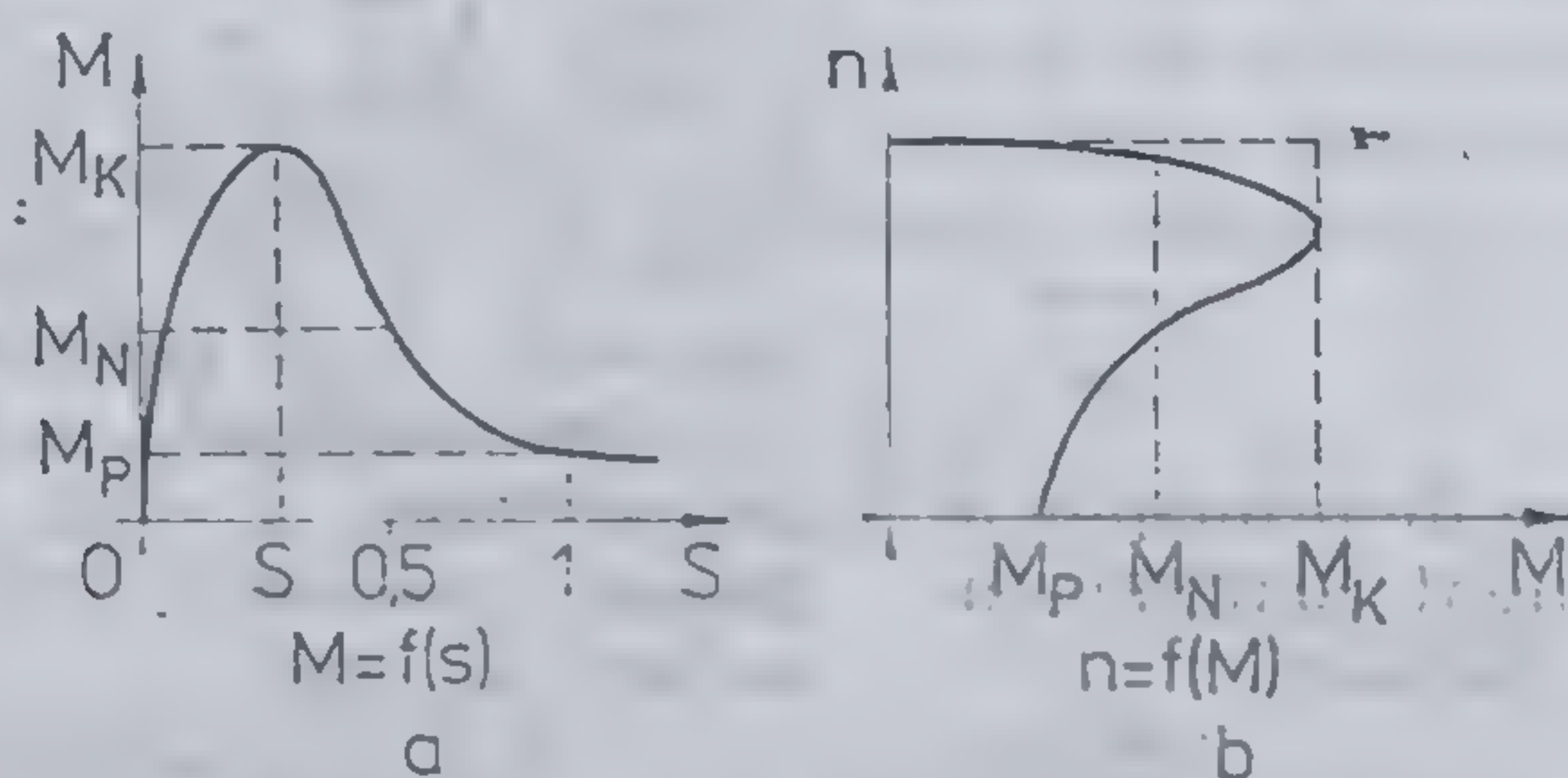


Fig. M.19. Caracteristicile mecanice ale motorului asincron trifazat.

în care  $p$  este numărul de perechi de poli ai mașinii. Acest cîmp învîrtitor induce în înfășurarea trifazăată a rotorului un sistem simetric, echilibrat, de trei tensiuni electromotoare, de pulsație  $\omega_2 = p\Omega_1 = \omega_1$ . Dacă înfășurările de fază ale rotorului sînt conectate în scurtcircuit cele trei tensiuni electromotoare induse vor produce trei curenți care formează un sistem trifazat simetric, echilibrat, de curenți de pulsație  $\omega_2$ . Sensul succesiunii fazelor la periferia rotorului va fi determinat de sensul de rotație a cîmpului învîrtitor statoric (cîmpul inductor) și va coincide cu el. Rotorul va fi solicitat de un cuplu electromagnetic  $M$  în sensul succesiunii fazelor sale (sensul cîmpului învîrtitor statoric). Dacă acest cuplu este suficient de mare pentru a învinge cuplul rezistent la arbore, rotorul începe să se învîrtească în sensul cîmpului învîrtitor statoric. Expresia simplificată a caracteristicii mecanice naturale a m.a.t. este:

$$M = \frac{2 M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}} \quad M_k = K_1 \frac{U^2}{f_1^2} \quad (\text{momentul maxim — critic})$$

$$s_k = K_2 \frac{R_2^2}{f_1} \quad (\text{alunecarea critică})$$

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad (\text{alunecarea})$$



în care  $K_1, K_2$  sînt constante ale m.a.t.;  $U$  este tensiunea de alimentare pe fază a statorului;  $f_1$  — frecvența tensiunii de alimentare;  $R_2$  — rezistența înfășurării rotorice;  $n_0$  — turația de sincronism;  $n$  — turația motorului. M.a.t. are un cuplu de pornire  $M_p$  (la pornire  $S=1$ ) relativ scăzut, mai mic decît cuplul nominal  $M_N$ . Dacă cuplul rezistent este mai mic decît cuplul de pornire (ex. mașini unelte care pornesc în gol) m.a.t. se accelerează treptat, de pornire (ex. mașini unelte care pornesc în gol) m.a.t. se accelerează treptat, cuplul crește pînă la valoarea maximă  $M_N$ , apoi scade pînă ajunge la o valoare egală cu cuplul rezistent. Caracteristica mecanică  $n = f(M)$  (fig. M.19, b) rezultă din caracteristica  $M = f(S)$  (fig. M.19, a). În zona stabilă de funcționare viteza variază foarte puțin. M.a.t. are o caracteristică mecanică dură, fiind utilizat la mașini unelte, pompe, compresoare.

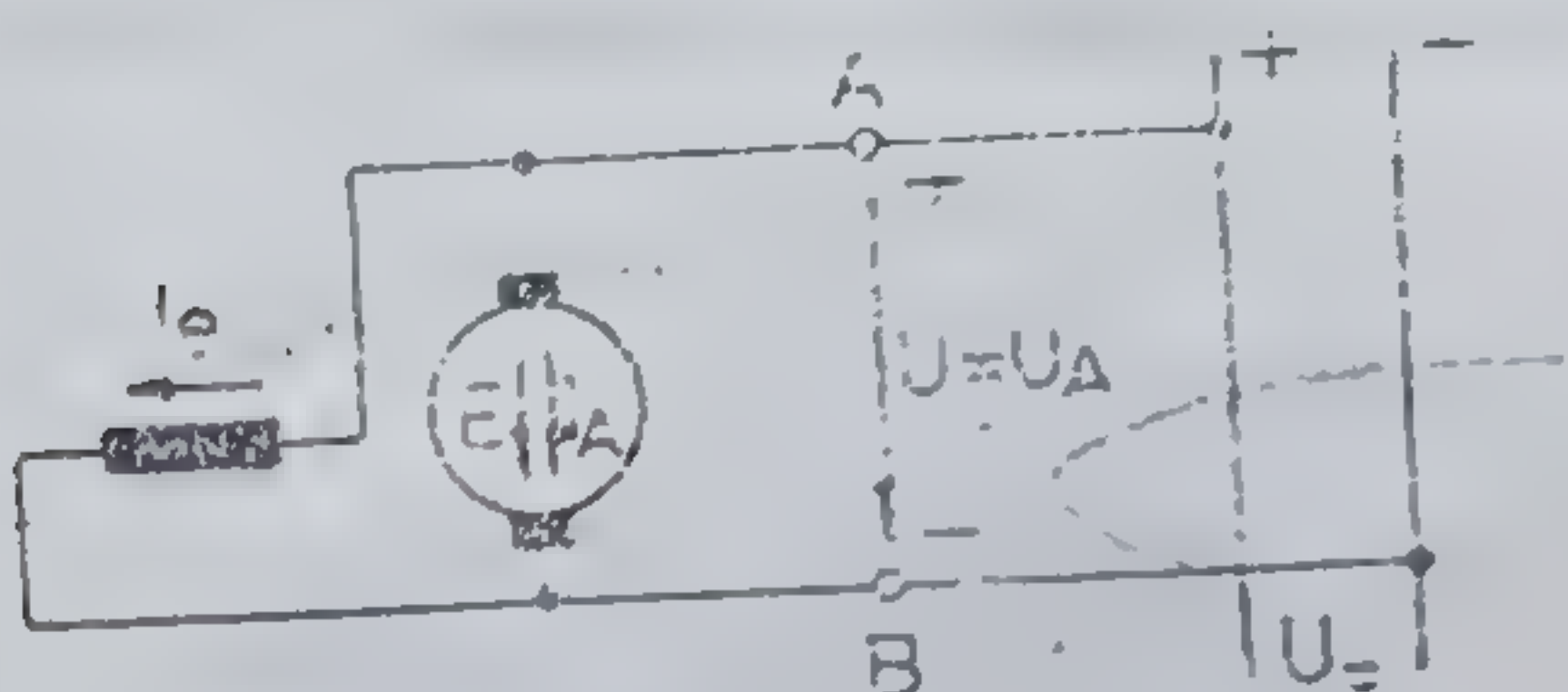


Fig. M.20. Schema de principiu a unui motor de curent continuu cu excitație derivație.

motor de curent continuu cu excitație derivație, motor conectat prin bornele A, B la o rețea electrică de curent continuu cu tensiune constantă, de la care absoarbe un curent  $I$  care se ramifică în cele două înfășurări în derivație:  $I_A$  în înfășurarea rotorului și a polilor auxiliari, și  $I_e$  în înfășurarea de excitație;  $I = I_A + I_e$  (fig. M.20). Puterea mecanică totală dezvoltată de motor,  $P$ , este:

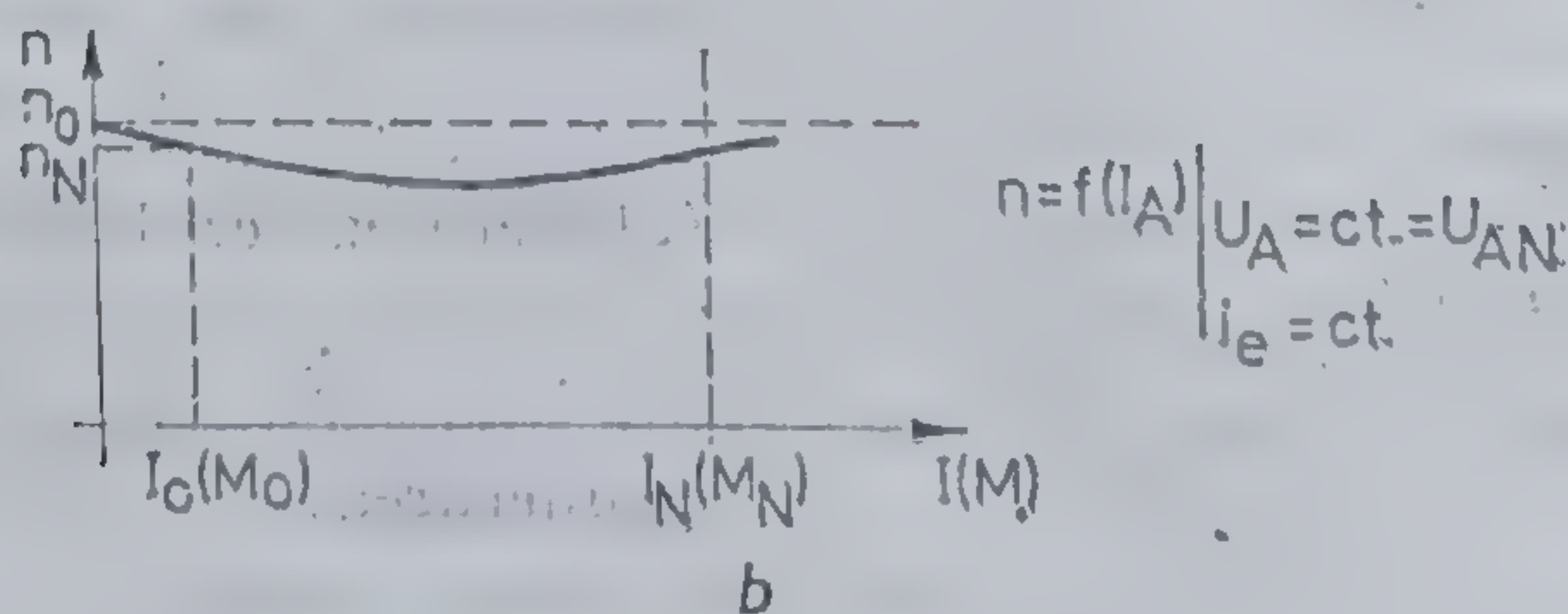
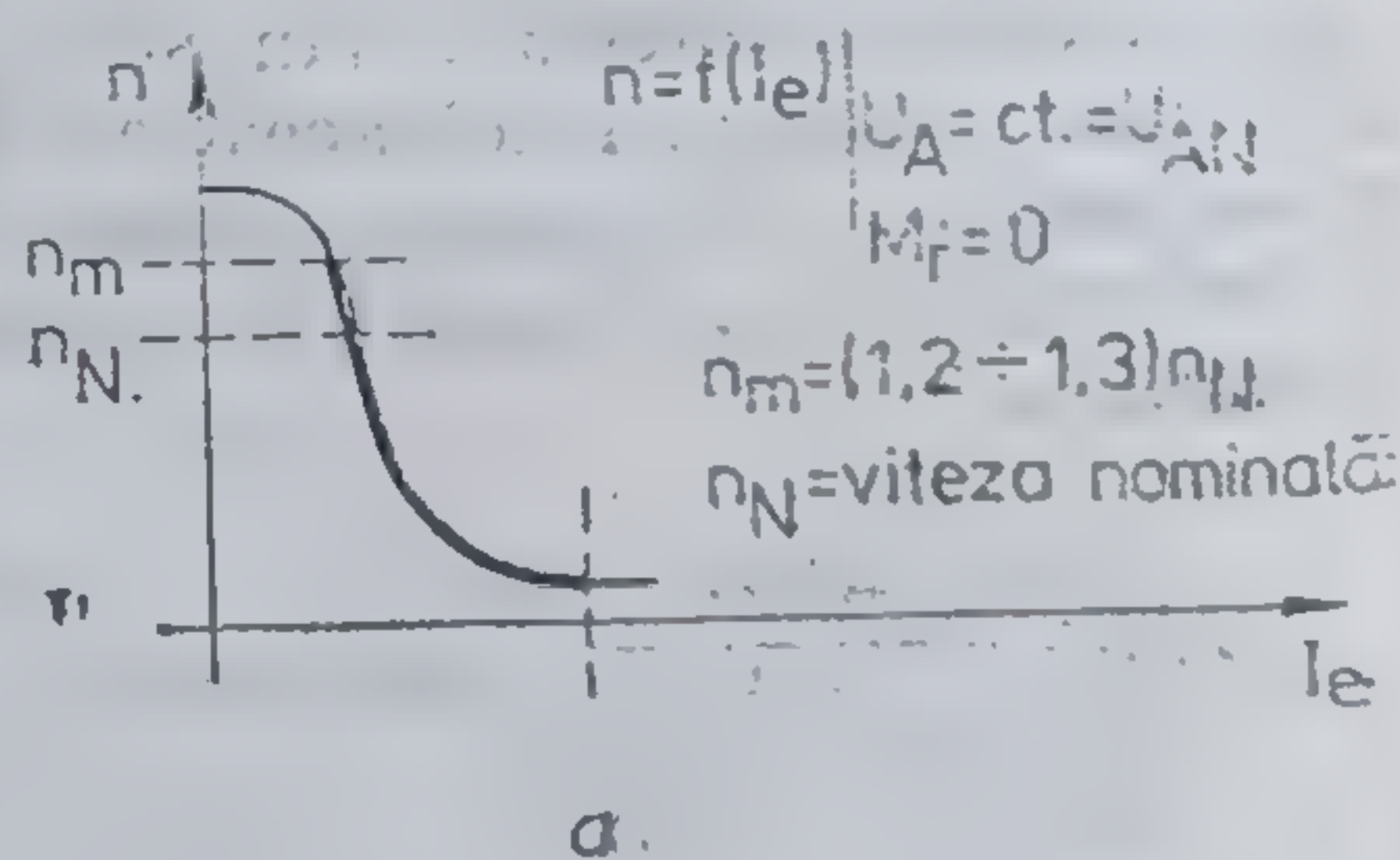
$$P = M\Omega = \frac{p}{a} \cdot N \cdot n \cdot I_A \cdot \Phi = \frac{E I_A}{\Omega}$$

fiind determinată de cuplul motorului,  $M$ , rezultat din interacțiunea cîmpurilor indusului și de excitație:  $M = C_m \cdot I_A \cdot \Phi$ , cu  $C_m = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{p}{a} \cdot N$  con-

stantă mecanică specifică, în care,  $p$  este numărul de perechi de poli ai motorului;  $\Phi$  — fluxul de pol;  $a$  — numărul de căi de curent cu care este bobinat indu-  
sul, formate din  $N$  conductoare;  $E$  — tensiunea electromotoare indusă în rotor;  $\Omega$  — viteza unghiulară a rotorului motorului. Caracteristica mecanică  $n = f(M)$ , la  $I_e = \text{ct.}$ ,  $U_A = \text{ct.} = U_{AN}$  (fig. M.21) are aceeași alură cu carac-

Fig. M.21. Caracteristicile mecanice ale motorului cu excitație derivație:

a — caracteristica vitezei la mersul în gol; b — caracteristica vitezei la mersul în sarcină.





teristica vitezei la mersul în sarcină. Caracteristica mecanică, în care viteza de rotație scade foarte puțin la mersul în sarcină față de mersul în gol se denumește caracteristică dură, limitând utilizarea acestui tip de motor numai la acele instalații care necesită viteză de rotație practic constantă, independent de sarcină (mașini unelte, laminoare, pompe hidraulice, compresoare).

motor de curent continuu cu excitație mixtă, motor electric de curent continuu pe al cărui poli magnetici sînt bobinate două înfășurări conectate una în serie și cealaltă în derivație cu indusul. Înfășurările de excitație pot avea un efect adițional sau diferențial în producerea fluxului motorului. Caracteristica mecanică este mai rigidă decît o caracteristică de motor serie și mai suplă decît o caracteristică de motor derivație de aceeași putere.

motor de curent continuu cu excitație serie, motor electric alimentat de la rețeaua de curent continuu cu tensiune constantă  $U$ , înfășurarea de excitație avînd rezistența  $R_e$  fiind legată în serie cu înfășurarea indusului (fig. M.22). În principiu, ca funcționare, acest motor nu se deosebește de motorul cu excitație derivație. Ecuațiile de funcționare a motorului cu excitație serie sînt:

$$U_A = -E + R_A I_A + \Delta U_p$$

$$U = U_A + R_e I_A$$

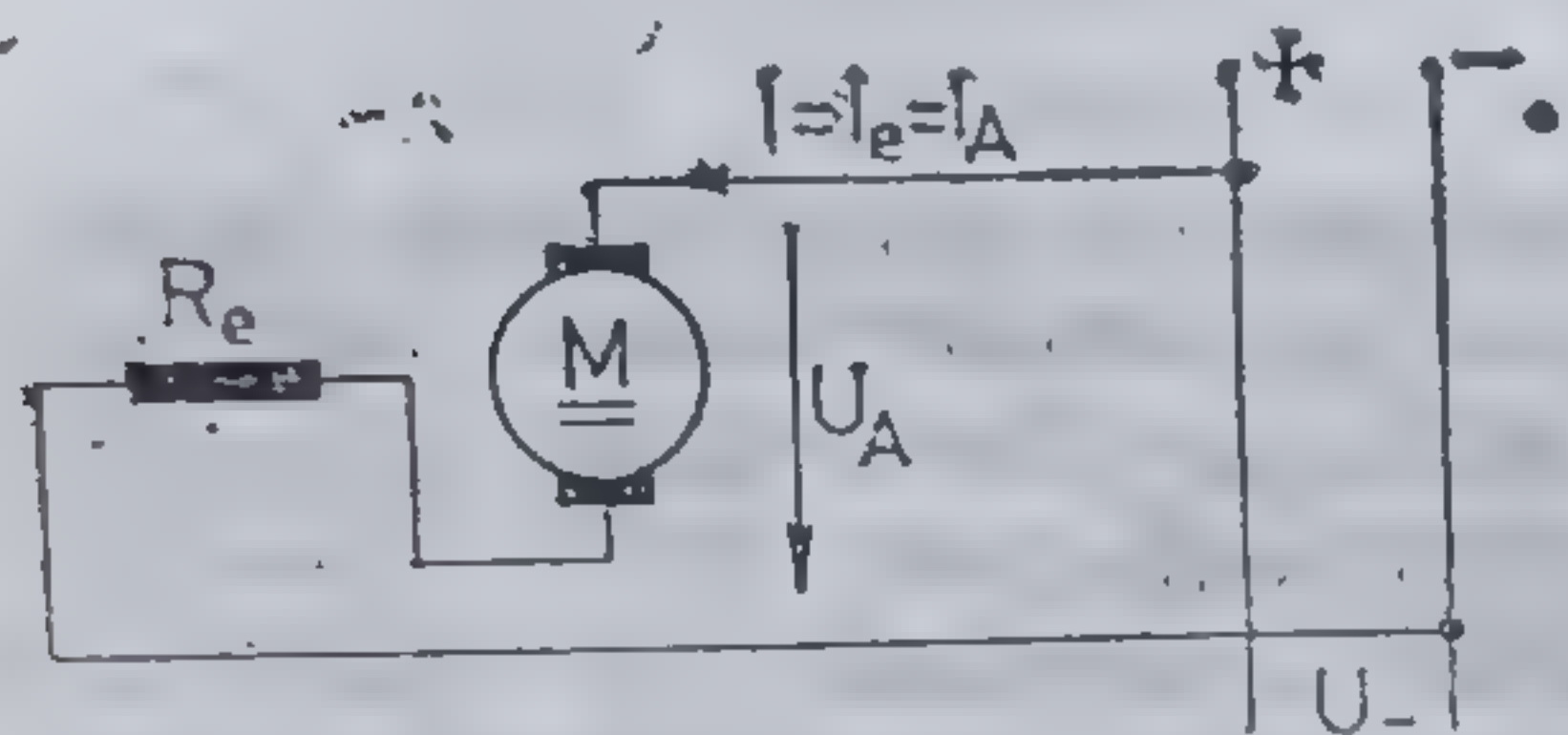


Fig. M.22. Schema de principiu a unui motor de curent continuu cu excitație serie.

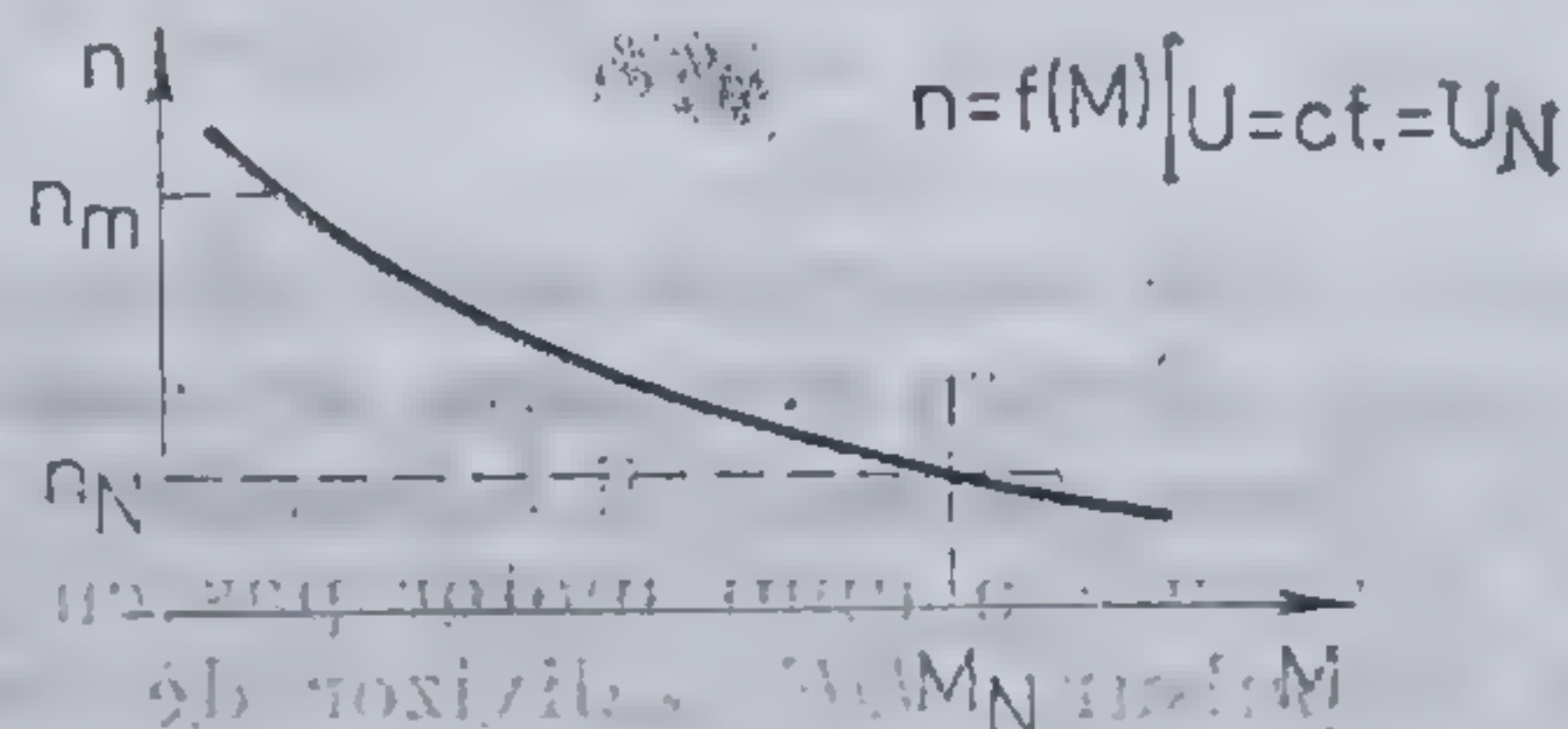


Fig. M.23. Caracteristica mecanică a motorului de curent continuu cu excitație serie.

Ecuațiile de cupluri și bilanțul de puteri sînt identice cu cele ale motorului cu excitație derivație. Caracteristica mecanică este rapid căzătoare (caracteristică „elastică” sau moale), (fig. M.23). Puterea mecanică cedată pe la arbore instalației antrenate este practic constantă, indiferent de valoarea cuplului rezistent ( $M_T \cdot \Omega = \text{ct.}$ ), ceea ce impune utilizarea acestui motor la instalațiile de ridicat (macarale, ascensoare) și în tracțiunea electrică.

motor electric, motor care transformă puterea electrică primită de la o rețea electrică în putere mecanică prin intermediul cîmpului electromagnetic. M.e. de curent continuu este încă cel mai utilizat în acționările reglabile. O serie de măsuri constructive permit folosirea m.e. de curent continuu în game largi de turație, alimentarea lor de la surse cu tensiune deformată, inversarea rapidă a curentului și a cuplului și folosirea redresoarelor comandate. Apariția diodelor cu siliciu și a tiristoarelor a permis realizarea unor convertizoare statice de frecvență care au impus folosirea în măsură din ce în ce mai mare a m.e. de curent alternativ, fără pierderi de energie.

motor electric pas cu pas, motor comandat în impulsuri electrice, care constă dintr-un rotor dințat la periferie, fără bobinaj, și un stator cu același număr de dinți, bobinat astfel încît dinții să formeze poli alternanți. Acest motor lucrează pe principiul reluctanței minime, adică poziția de echilibru stabil a rotorului este aceea în care dinții statorului și ai rotorului sînt față



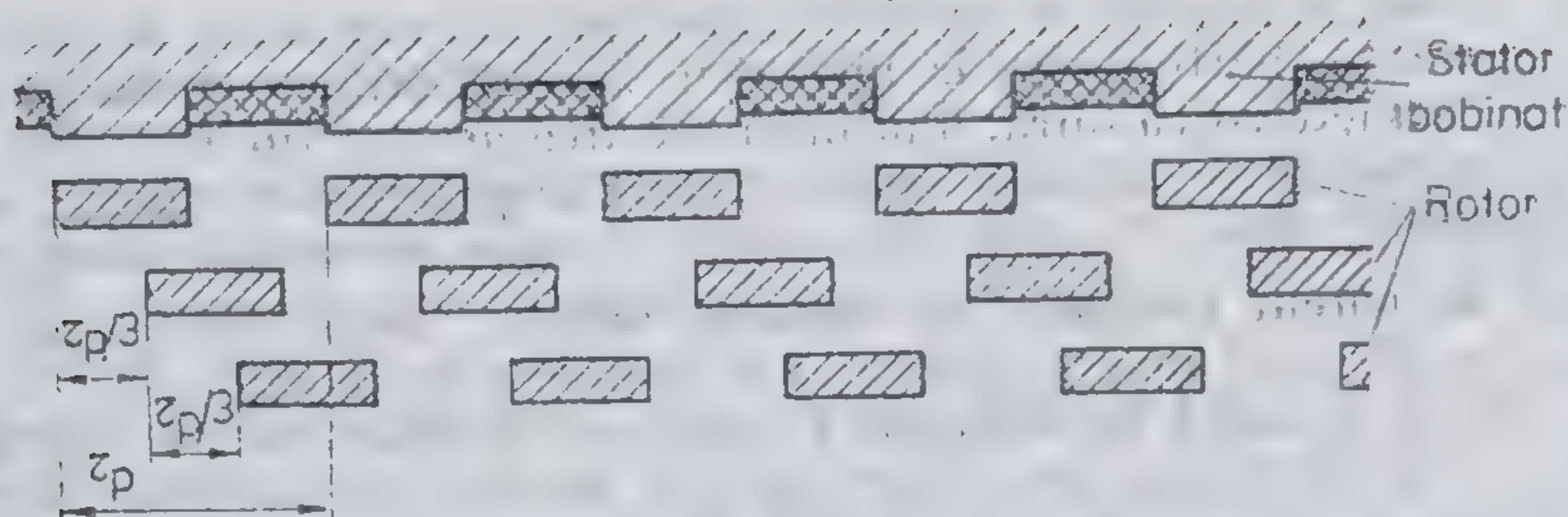


Fig. M.24. Reprezentare desfășurată a poziției dintre polii statorului și ai rotorului motorului electric pas cu pas cu 3 secții rotorice.

în față (fig. M.24). Dacă se montează pe un același ax  $n$  pachete rotorice cu pasul dintelui  $\tau_p$ , iar pachetele sînt decalate între ele cu  $\tau_p/n$  și dacă se excită succesiv înfășurările celor  $n$  pachete statorice corespunzătoare, nedecalate, atunci axul motorului se rotește de fiecare dată cu  $\tau_p/n$ . Incrementul unghiular  $\alpha$  la un motor de acest tip este:

$$\alpha = \frac{1}{s} \cdot \frac{360}{z}$$

unde  $s$  este numărul de secții rotorice, iar  $z$  — numărul de dinți ai unui pachet statoric. Pentru inversarea sensului de rotație al motorului trebuie inversată succesiunea alimentării înfășurărilor statorice. Schema bloc a unui dispozitiv de comandă a unui motor pas cu pas (fig. M.25) cuprinde: GI — generator de impulsuri; DF — divizor de frecvență; DDI — dispozitiv de distribuie a impulsurilor; DC — dispozitiv de comutație. Motorul nu poate furniza un cuplu suficient la frecvențe foarte mari (de ex., nu poate efectua deplasări



Fig. M.25. Schema funcțională de comandă a motorului electric pas cu pas.

rapide la mașini-unelte). Cuplul său scade cu creșterea turației, iar frecvențele de pornire și oprire, ca și frecvența maximă, sînt dependente de sarcină și de momentele de inerție. Dacă este comandat corect în frecvență (conform diagramei  $C_u = \varphi(f)$ , motorul poate fi conectat în buclă deschisă a unui sistem de reglare a poziției. Caracteristica cuplu-util-frecvență impulsurilor de alimentare  $C_u = \varphi(f)$  a unui motor pas cu pas (cu:  $C_1$  — curba limită de funcționare;  $C_2$  — curba limită de demarare;  $f_m$  — frecvența maximă de demarare în gol;  $f_M$  — frecvența maximă de lucru la mers în gol) este prezentată în fig. M.26. M.e.p. cu p. se utilizează frecvent la acționări de-a vâs

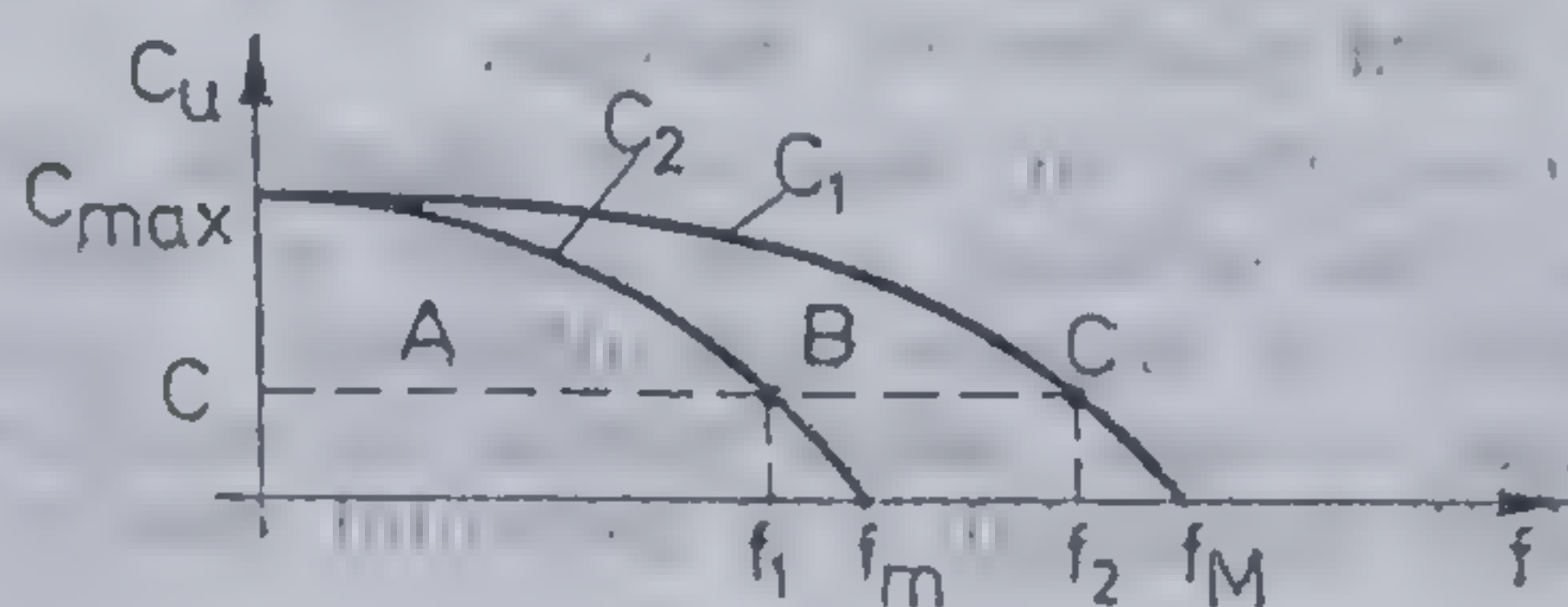


Fig. M.26. Dependenta cuplului motorului electric pas cu pas de frecvența impulsurilor.



la mașini-unelte cu comandă numerică (cu amplificator de cuplu), la periferice în sisteme de calcul: cititor de bandă, perforator de bandă, și în general în sisteme numerice pentru automatizare.

**motor hidraulic**, motor care folosește ca agent de lucru un lichid sub presiune, de obicei uleiul. Din punct de vedere constructiv m.h. nu diferă principial de motoarele pneumatice. Se construiesc m.h. cu membrană (fig. M.27), cu piston cu simplu și dublu efect, cu piston și distribuitor. Față de motoarele pneumatice, m.h. prezintă următoarele avantaje: dezvoltă forțe de acționare mult mai mari la aceleași gabarite și au o acțiune mai rapidă (uleiul este practic incompresibil). Construcția m.h. liniare (MHL) necesită luarea unor măsuri deosebite pentru obținerea caracteristicilor impuse: utilizarea garniturilor speciale de etanșare, atât la piston cât și la tijă, introducerea de canale circulare de egalizare a presiunii și introducerea frecării lichide cu sustentăție hidrostatică.

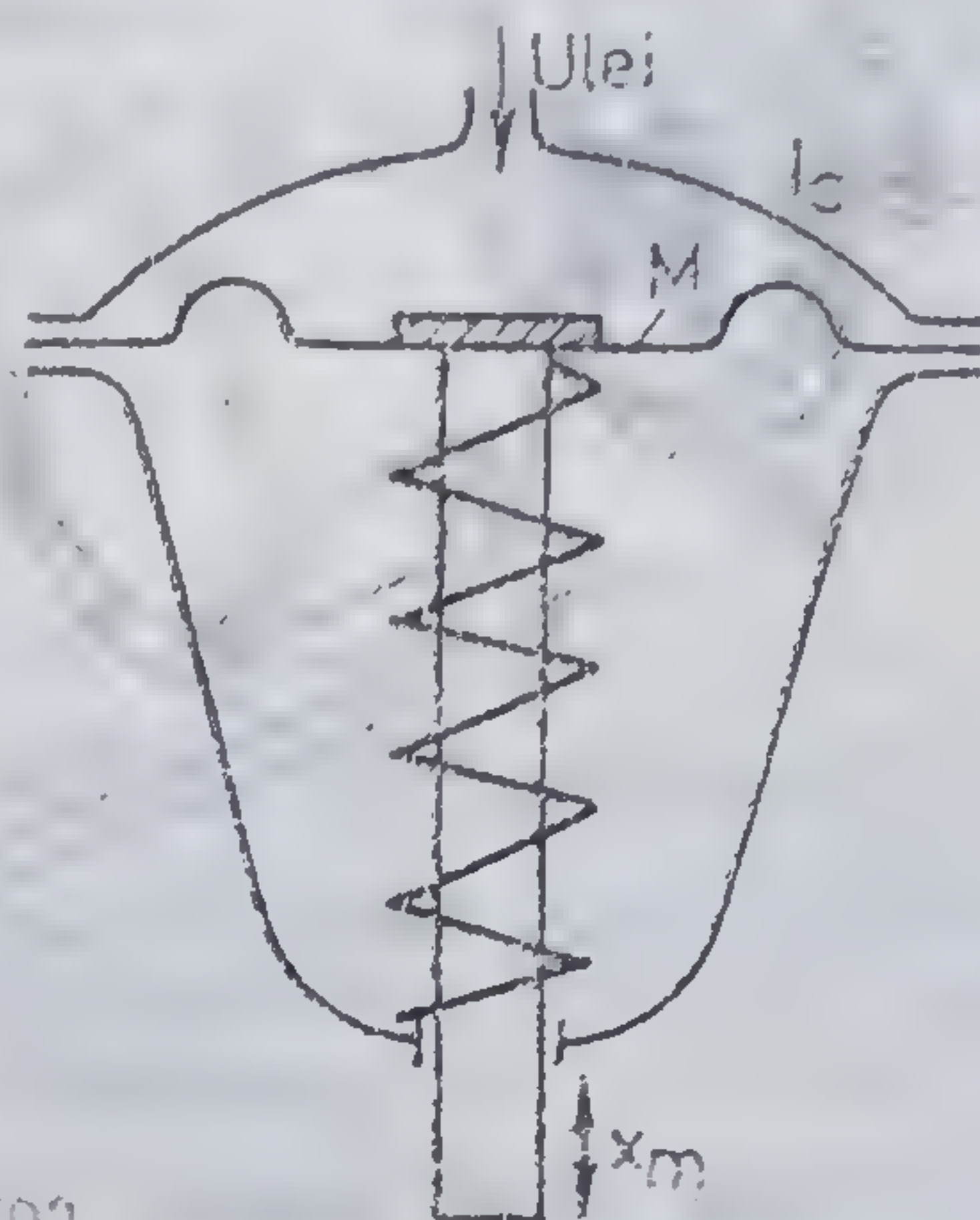


Fig. M.27. Reprezentarea schematică a unui motor hidraulic.

MHL se aplică la mașini-unelte la avansurile liniare, când transmit mișcarea direct organului acționat (masă, cărucior, sanie) fără transmisii intermediare. Aceste motoare au un randament ridicat datorită frecărilor mici. M.h. rotative (MHR) sînt utilizate aproape exclusiv cuplate prin intermediul unui anumit lanț cinematic, fie pentru transformarea mișcării de rotație în una rectilinie, fie pentru adaptarea turației sale la cea a organului mobil în cazul mișcărilor circulare.

**motor pneumatic**, motor care utilizează energia elastică a aerului comprimat la presiuni de 5—6 atm. M.p. pot fi rotative (realizate, de obicei, cu palete) și liniare cu piston (folosite cînd sînt necesare deplasări mari) sau liniare cu membrană. M.p. cu palete sînt foarte indicate pentru acționările pneumatice. Aceste motoare au o construcție asemănătoare compresoarelor rotative. Aerul comprimat pierde din presiune în urma cedării de energie, producînd astfel o mișcare de rotație, pentru ca în final să fie evacuat în atmosferă. Rotorul este plasat excentric într-o carcasă, creînd camere cu pereți în formă de seceră, asupra cărora acționează aerul comprimat (fig. M.28). Aceste mot are se construiesc pentru puteri de 0,7—15 kW la turații de mers în gol cuprinse între 1 000 și 50 000 rot/min. La un m.p. cu piston cu simplu și dublu efect principalul organ de lucru, care transformă energia aerului comprimat în lucru mecanic este pistonul care execută o mișcare de translație în interiorul unui cilindru (fig. M.29).

M.p. cu piston cu dublu efect sînt de tip integral și pot fi transformate în m.p. cu simplu efect (proportionale) dacă pe una din fețele pistonului se aplică o forță constantă dezvoltată de un resort. M.p. cu piston dezvoltă pe întreaga lungime a cursei o forță în tijă constantă la presiunea de lucru dată.

**motor sincron**, motor electric care nu dezvoltă cuplu de pornire, dar dacă printr-un mijloc oarecare este antrenat pînă la viteza de sincronism, atunci el poate dezvoltă un cuplu activ. M.s. poate fi adus la viteza de sincronism prin antrenarea lui de către un mic motor asincron cuplat pe



## MULTIPLEXOR ANALOGIC

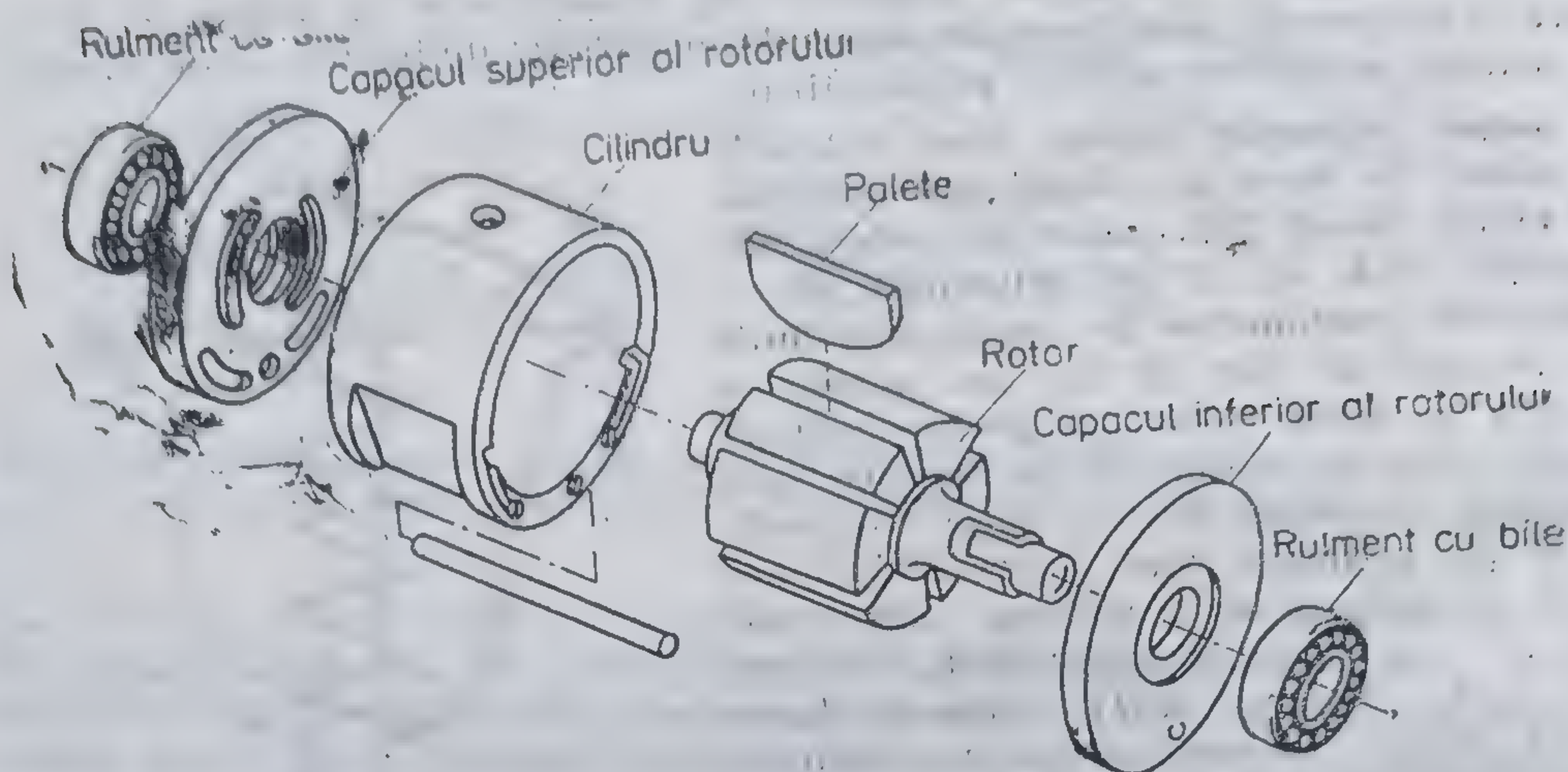


Fig. M.28. Părțile componente ale unui motor cu palete.

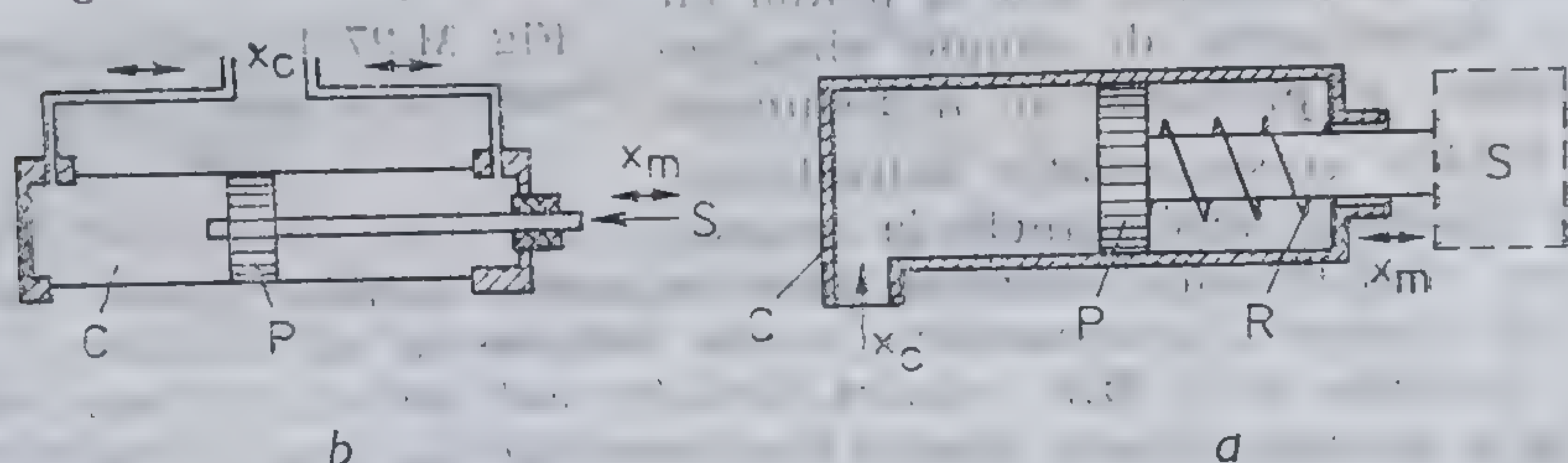


Fig. M.29. Exemple de motoare pneumatice:

*a* — cu simplu efect; *b* — cu dublu efect; C — cilindru; P — piston; R — resort; S — sarcină;  $x_c$  — mărime de comandă;  $x_m$  — mărime de execuție.

același arbore care, după „prinderea” în sincronism este scos din funcțiune. O altă metodă utilizată pentru pornire este așa-numita „pornire în asincron”. Rotorul este prevăzut cu o colivie de veveriță, pornirea făcându-se cu înfășurarea rotorică închisă pe o rezistență și numai în momentul apropierii de viteza de sincronism este conectată înfășurarea de excitație pe sursa de curent continuu.

**multiplexor analogic**, dispozitiv analogic, comandat de o adresă de selecție, care dirijează una din multe intrări către o ieșire unică. M.a. este utilizat în secțiunea de achiziție a datelor din proces, în sisteme de conducere cu calculator, în care devine suficient un singur convertor analog-numeric, plasat după m.a.

**multiplexor numeric**, dispozitiv logic combinațional, comandat de o adresă de selecție, care dirijează una din multe intrări către ieșirea unică. M.n. pot fi considerate drept echivalentul static al comutatoarelor cu multe poziții ori al comutatoarelor pas cu pas. M.n. sînt realizate sub formă de circuite integrate pe scară medie, fiind utilizate în: secțiuni de intrare în automate programabile, generarea funcțiilor logice complexe, comutări controlate de date.

**multiplicator analogic**, dispozitiv electronic de calcul care realizează înmulțirea a două semnale analogice aflate într-o anumită gamă de variație. M.a. se construiesc pe principiul variației transeconductanței unui etaj amplificator



cu tranzistoare. Soluțiile practice pentru stabilizarea m.a. cu temperatura sînt: multiplicatoare cu transconductanță cu termoreglare a substratului și multiplicatoare cu transconductanță cu etaje compensate.

**multipliator binar de ritmuri**, dispozitiv numeric integrat pe scară medie ce conține un numărator sincron cu 6 etaje și o logică combinațională de porți, comandat de un semnal de frecvență  $f_I$  și care generează un semnal de frecvență  $f_E$ :

$$f_E = \frac{m}{64} f_I$$

unde factorul de multiplicare binară  $m = \sum_{k=0}^5 S_k 2^k$  și  $S_k$ ,  $k = 0, \dots, 5$  sînt

intrări programabile. M.b. de r. realizează multiplicarea programată a  $f_I$  cu un factor subunitar ( $m_{max} = 63$ ). Multiplicatorul de ritmuri se construiește și în varianta zecimală și realizează dependența:

$$f_E = \frac{m}{10} f_I, \text{ cu } m = \sum_{k=0}^3 S_k 2^k, S_k, k = 0, 1, 2, 3, \text{ programabili.}$$

**multivariabil**, atribut al unui sistem la care mărimea de intrare sau/și mărimea de ieșire are mai multe componente.

multime cît  $\rightarrow$  relație de echivalență



# N

**neliniar**  $\rightarrow$  sistem dinamic

**nestaționar**, atribut ce desemnează caracterul variant al unui sistem, prin dependența parametrilor sistemului de variabila independentă timp ( $t$ ). Denumirea de **n.** este echivalentă cu neautonom și variant. ( $\rightarrow$  sistem)

**nivel de încredere**  $\rightarrow$  interval de încredere

**nivel de semnal**, denumire folosită uneori pentru a defini amplitudinea unui semnal în raport cu o stare de referință sau anumite limite ale unui domeniu de variație. Se utilizează în aplicații în care intervin amplificări sau atenuări ale semnalelor precum și pentru caracterizarea tipurilor de semnale folosite în scopul determinării parametrilor funcționali ai dispozitivelor și circuitelor electronice (de ex., parametrii de semnal mic ai tranzistoarelor). **N. de s.** este important în funcționarea sistemelor automate întrucât numai pentru anumite valori se poate menține liniaritatea elementelor componente.

**nivel de zgomot**  $\rightarrow$  zgomot

**nivel ierarhic**, mod de caracterizare a poziției unui element component al sistemului de conducere în ansamblul acestuia în funcție de atribuțiile și prioritatea sa față de luarea deciziei. Din acest punct de vedere se definește **n.i. coordonator**, cel la care se iau deciziile globale privind conducerea sistemului și **n.i. subordonat**, cel la care se iau decizii locale influențate de mărimile de coordonare primite de la **n.i. superior**. În sistemele de conducere a proceselor industriale la **n.i. subordonat** sînt plasate sisteme specializate de conducere, realizate cu microprocesoare, precum și console locale ale operatorului de proces, iar la **n.i. coordonator** se află minicalculatoare de uz general și console ale operatorului de proces pentru monitorizarea de ansamblu a funcționării procesului condus.

**nucleu**, mulțimea

$$\ker u = \{x | u(x) = 0 \in Y\}$$

unde  $u: X \rightarrow Y$  este un morfism al  $A$  — modulelor  $X$  și  $Y$ .

**nul controlabilitate**, noțiune specifică sistemelor liniare discrete și invariante, datorită caracterului nereversibil al acestor sisteme. O stare  $x \in \mathbb{R}^n$  este nul controlabilă dacă există mărimea de comandă

$$u_n = \begin{bmatrix} u(n-1) \\ u(n-2) \\ \vdots \\ u(1) \\ u(0) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{mn}$$







În sisteme de comandă după program cu reacție serială, generarea semnalelor de baleiere automată a matricilor de taste din consola operatorului de proces și a generatoarelor de sincronizare TV, comanda secvenței de operare a sistemelor, divizarea prin  $N$  a frecvenței (programabilă), construirea de operatori matematici, ș.a.

**numeric**, atribut referitor la exprimarea unei mărimi sub o formă discretă, printr-o operație de cuantificare, constând în asocierea acesteia cu un număr de cuante egale între ele.



observabilitate, proprietate cauzală fundamentală a unui sistem liniar ce caracterizează posibilitatea reconstituirii unei stări interne  $x$  pe baza cunoașterii mărimilor  $u$  și  $y$ . Sistemul fiind liniar, în definirea și aprecierea o. se poate considera  $u \equiv 0$ , o. fiind deci o proprietate a perechii  $(C, A)$ . O stare  $x$  se numește  $\tau$  — neobservabilă dacă:

$$y(t) = C(t) \Phi(t, \tau) x = 0, \quad t \geq \tau$$

adică dacă regimul liber inițializat în starea  $x$ , la momentul  $\tau$ , este invizibil la ieșire. Introducând operatorul

$$N(\tau, t) = \int_{\tau}^t \Phi^T(\sigma, \tau) C^T(\sigma) C(\sigma) \Phi(\sigma, \tau) d\sigma$$

se poate arăta că starea  $x$  este  $\tau$  — neobservabilă dacă și numai dacă:

$$x \in \ker N(\tau, t), \quad \forall t \geq \tau$$

Sistemul  $(A(\cdot), \dots, C(\cdot))$  este  $\tau$  — observabil dacă singura stare  $\tau$  — neobservabilă este originea ( $x = 0$ ). Dacă proprietatea de  $\tau$  — o. se menține pentru orice  $\tau \in T$  atunci sistemul se numește observabil sau complet observabil. În cazul sistemelor liniare invariante continuu momentul inițial poate fi ales oricare ( $\tau = 0$ ), introducându-se noțiunea de stare  $t$  — neobservabilă; o stare  $x$  este  $t$  — neobservabilă dacă:

$$y(\tau) = C e^{A\tau} x = 0, \quad \forall \tau \in [0, t]$$

obținându-se rezultatul fundamental: o stare  $x$  este  $t$  — neobservabilă dacă și numai dacă

cu 
$$x \in \ker N(t)$$

$$N(t) = \int_0^t e^{A^T \tau} C^T C e^{A \tau} d\tau, \quad t \geq 0$$

O stare  $x$  este neobservabilă dacă este  $t$  — neobservabilă pentru orice  $t \geq 0$ , respectiv sistemul  $(A, C)$  este observabil dacă singura stare neobservabilă este starea zero. Pentru sistemele liniare invariante și discrete noțiunea de o. se



diversifică, și anume; starea  $x$  este neobservabilă în  $k$  pași dacă regimul liber inițializat în  $x(0) = x$  este

$$y(0) = y(1) = \dots = y(k-1) = 0$$

adică

$$Q_k x = 0$$

unde

$$Q_k = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{k-1} \end{bmatrix}$$

este matricea de o. în  $k$  pași, iar

$$\mathcal{N}_k = \ker Q_k = \{x | Q_k x = 0\} = \bigcap_{i=0}^{k-1} A^{-i} \ker C$$

este subspațiul neobservabil în  $k$  pași, rezultând imediat că  $x$  este neobservabilă în  $k$  pași dacă și numai dacă  $x \in \mathcal{N}_k$ . Starea  $x$  este neobservabilă dacă este neobservabilă în  $k$  pași, oricare ar fi  $k \geq 1$ , deci dacă ( $u \equiv 0$ )

$$y(0) = y(1) = \dots = 0$$

și rezultatul teoretic imediat este că: starea  $x$  este neobservabilă dacă și numai dacă

$$x \in \mathcal{N}_n \stackrel{\Delta}{=} \ker Q_n \stackrel{\Delta}{=} \ker Q \stackrel{\Delta}{=} \mathcal{N}$$

unde

$$Q = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}$$

este matricea de o. a perechii  $(C, A)$  iar  $\mathcal{N}$  subspațiul neobservabil al aceleiași perechi. Se deduce, de asemenea, că

$$\mathcal{N} = \bigcap_{i \geq 0} A^{-i} \ker C = \ker C \cap A^{-1} \mathcal{N}$$

relație pe baza căreia se formulează un rezultat fundamental al teoriei geometrice a sistemelor și anume că  $\mathcal{N}$  este cel mai mare  $\rightarrow$  subspațiu  $A$ -invariant conținut în  $\ker C$ . Sistemul  $(A, C)$  este observabil dacă singura stare neobservabilă este starea nulă, adică  $\mathcal{N} = \{0\}$ , ceea ce înseamnă că  $\text{rang } Q = n = \dim \mathcal{N}(Q \text{ este monică})$  și care reprezintă criteriul clasic de verificare a o. Cel mai mic întreg  $v_0$  pentru care  $Q_{v_0+1} = Q_{v_0}$  se numește indice de o. Pentru un sistem dinamic liniar și continuu  $(A, C)$  se îndeplinește întotdeauna

$\Delta$   
 $\ker N(t) = \mathcal{N} = \ker Q$ , relație ce reprezintă legătura dintre continuu și discret din punct de vedere structural și care arată că oricare ar fi  $t \geq 0$ ,  $\ker N(t)$  este același și că, de asemenea, criteriul clasic de verificare a o.



sistemelor discrete se aplică și în cazul sistemelor continue. Proprietatea de o. este esențială în construcția unui  $\rightarrow$  estimator.

octal, mod de reprezentare a informației numerice într-un sistem de numerație în baza 8, având deci simbolurile 0, 1, 2, ..., 7. Sistemul o. oferă unele facilități de transcripție a codului binar natural în operații specifice tehnicii de calcul numeric.

octavă, intervalul  $[\omega, 2\omega]$ ,  $\omega > 0$  ce corespunde deci unei dublări a pulsației. Noțiunea de o. este utilă în analiza și sinteza sistemelor liniare deoarece permite exprimarea pantei caracteristicilor logaritmice liniarizate (asimptotice). În ultima perioadă, noțiunea de o. este înlocuită tot mai mult de noțiunea  $\rightarrow$  decadă de pulsație

octet, entitate informațională conținând 8 biți. Ca urmare a convențiilor adoptate pentru reprezentarea informației (codurile ASCII, EBCDIC, etc.) lungimea de 8 biți sau de multipli de 8 biți a devenit extrem de uzuală pentru dimensiunea cuvintelor calculatoarelor și, implicit, a sistemelor de conducere.

off-line, mod de funcționare a unui sistem de conducere, caracterizat de faptul că acesta nu este legat direct la procesul condus, informațiile dinspre proces fiind furnizate de către operator, tot acesta având latitudinea implementării comenzilor elaborate de către sistemul de conducere în funcționarea o.-l. Modul de funcționare o.-l. a devenit anacronic și nu mai este utilizat.

on-line, mod de funcționare a sistemului de conducere care presupune conectarea directă a acestuia la procesul condus și operarea sa în timp real. În prezent nu mai există decât sisteme de conducere funcționând o.-l., spre deosebire de începutul conducerii cu calculatorul a proceselor industriale, cînd se utiliza și modul off-line.

operare în timp real, mod de operare caracterizat de faptul că deciziile sistemului de conducere sînt luate într-un interval de timp suficient de scurt pentru ca implementarea lor sub formă de comenzi către sistemul condus să poată fi făcută la momentul de timp oportun. Dificultățile create de acest mod de operare sînt generate de necesitatea de prelucrare a informației în intervale de timp determinate exclusiv de dinamica procesului condus. În funcție de aceasta se adoptă atît strategia de conducere, cît și structura sistemului de conducere pe care ea se implementează.

operații unimodulare, operații efectuate asupra liniilor (coloanelor) unei matrici polinomiale  $P(s)$ , ce pot fi realizate prin înmulțire la stînga (dreapta) cu o  $\rightarrow$  matrice unimodulară. O. u. sînt: înmulțirea unei linii (coloane) cu o constantă; permutarea a două linii (coloane); adunarea la linia (coloana)  $i$  a liniei (coloanei)  $j$ ,  $j \neq i$ , înmulțită cu un polinom. Utilitatea o.u. rezidă în aceea că permit aducerea matricii polinomiale  $P(s)$  la forme particulare ( $\rightarrow$  eșalon redus,  $\rightarrow$  formă diagonal canonică etc.). În cazul în care matricea  $P$  este o matrice constantă, o.u. se numesc operații de tip Gauss și se realizează prin înmulțire la stînga (dreapta) cu matrici constante, provenite din matricea unitate, în care s-au simulat operațiile dorite.

optimizare, determinarea unei soluții pentru o problemă sau o situație de decizie care, dintr-un anumit punct de vedere prestabilit, este cea mai bună dintre toate soluțiile posibile. În teoria sistemelor, problema de o. se formulează astfel: se dă, sistemul dinamic, continuu:

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t))$$



cu  $x(t) \in \mathbb{R}^n$  starea și  $u(t) \in \mathbb{R}^m$  comandă, și criteriul sau indicele de performanță

$$I = \int_{t_0}^{t_f} f^0(t, x(t), u(t)) dt$$

în care  $f^0$  este o funcție scalară,  $t_0$  și  $t_f$  fiind momentul inițial, respectiv final, ambele fixate. Cum pentru o condiție inițială  $x(t_0) = x_0$  și o comandă  $u(\cdot)$  soluția sistemului este

$$x(t) = \varphi(t; t_0, x_0, u(\cdot))$$

indicele de performanță devine

$$I = \int_{t_0}^{t_f} f^0(t, \varphi(t; t_0, x_0, u(\cdot)), u(t)) dt = V(x_0, u(\cdot))$$

adică este o funcțională de comandă  $u(\cdot)$ . Problema de o. în circuit deschis: pentru o stare inițială  $x_0$  să se determine mărimea de comandă  $\tilde{u}(\cdot)$  astfel încât, oricare ar fi o altă comandă  $u(\cdot)$  să se îndeplinească relația

$$V(x_0, u(\cdot)) \leq V(x_0, \tilde{u}(\cdot))$$

În acest caz  $\tilde{u}(\cdot)$  se numește comandă optimală, iar  $x(\cdot)$  este traiectoria optimală. Dacă se consideră legea de comandă prin reacție după stare  $k: \mathbb{R} \times \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$  definită de:

$$u(t) = k(t, x(t))$$

sistemul inițial, în prezența acestei legi de comandă devine un sistem în circuit închis. El este descris de

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t)) \stackrel{\Delta}{=} f(t, x(t), k(t, x(t)))$$

care pentru o condiție inițială  $x(t_0) = x_0$ , are soluția

$$x(t) = \varphi_0(t; t_0, x_0)$$

legea de comandă generată fiind

$$u(t) = k(t, \varphi_0(t; t_0, x_0))$$

Problema de o. în circuit închis: să se determine legea de comandă (adică funcția  $k(\cdot, \cdot)$ ) astfel încât pentru orice inițializare  $x_0$  să rezulte

$$u_{x_0}(t) = k(t, \varphi_0(t; t_0, x_0)), \quad t \in [t_0, t_f]$$

unde  $u_{x_0}(t)$  este comanda optimală în circuit deschis, corespunzătoare condiției inițiale  $x_0$ . Soluția problemei de o. în circuit închis se numește lege de comandă optimală. Împună de cele prezentate anterior într-o problemă de o. pot să apară și restricții suplimentare cum ar fi: a) localizarea punctului final al traiectoriei, revine la condiția ca starea  $x(t_f)$  să fie situată pe o hipersuprafață  $S$  numită



varietate finală sau varietate (intă, care, în cazuri particulare, poate să se reducă la un punct  $x_f$ , sau să fie mobilă în timp  $S(t)$ ; b) restricții asupra comenzii; se dă o mulțime  $U \subset \mathbb{R}^m$  și minimizarea indicelui de performanță trebuie să se facă numai în raport cu acele comenzi pentru care  $u(t) \in U, \forall t \in [t_0, t_f]$  și care formează clasa comenzilor admise; c) restricții asupra traiectoriei; impun ca operația de minimizare a indicelui de performanță să se facă numai în raport cu acele comenzi care păstrează traiectoria  $x(\cdot)$  într-o regiune fixată  $X \subset \mathbb{R}^n$  a spațiului de stare. În caz mai general, indicele de performanță se poate considera de forma

$$I = l(t_f, x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} L(t, x(t), u(t)) dt$$

În mod similar, se formulează o problemă de o. în cazul sistemelor discrete; se dă sistemul dinamic discret

$$x(t+1) = f(t, x(t), u(t)), \quad t \in \mathbb{Z}$$

și indicele de performanță

$$I = \sum_{t=t_0}^{t_f} f^0(t, x(t), u(t))$$

sau mai general

$$I = l(t_f, x(t_f)) + \sum_{t=t_0}^{t_f-1} L(t, x(t), u(t))$$

și se cere să se determine comanda  $u(0), u(1), \dots, u(t_f-1)$  care minimizează indicele de performanță. În cazul acestor sisteme, ținând cont de felul comenzii, denumirea uzuală este de o. în mai mulți pași.

Pentru un singur pas, se obține;

$$I = f^0(t_0, x_0, u(0))$$

și cum  $t_0, x_0$  sînt specificați, rezultă;

$$F(u) = f^0(t_0, x_0, u), \quad u = u(0)$$

și problema de o. este de tipul

$$\min F(u)$$

adică o problemă de o. într-un pas este o problemă de → programare matematică.

optimizare cu criteriu pătratic caz particular de → optimizare în care criteriul de performanță este în formă pătratică

$$I = x^T(t_f) S x(t_f) + \int_{t_0}^{t_f} [x^T(t) Q(t) x(t) + u^T(t) R(t) u(t)] dt \quad (1)$$



$S$  fiind o matrice constantă ( $n \times n$ ), iar  $Q(t)$ ,  $R(t)$  sînt  $n \times n$  și, respectiv  $m \times m$  matrice simetrice continue, cu  $R(t)$  pozitiv definită pe intervalul  $[t_0, t_f]$ . O. cu c.p. este dezvoltată, în special, pentru sistemele liniare

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t) + B(t)u(t) \quad (2)$$

și se numește pe scurt problema liniar pătratică, care devine interesantă pentru cazul optimizării în circuit închis, la care legea de comandă este liniară

$$u(t) = F(t)x(t) \quad (3)$$

cu  $F(t)$   $m \times n$  matrice continuă pe  $[t_0, t_f]$ . Sistemul (2) în prezența legii de comandă (3) se scrie;

$$\dot{x}(t) = A_0(t)x(t) \quad A_0(t) = A(t) + B(t)F(t) \quad (4)$$

și pentru o inițializare  $x(t_0) = x_0$  rezultă traiectoria de stare

$$x(t) = \Phi_0(t, t_0)x_0 \quad (5)$$

cu  $\Phi_0(t, t_0) \rightarrow$  matricea de tranziție a stării pentru sistemul (4). În acest caz legea de comandă (3) devine

$$u(t) = F(t)\Phi_0(t, t_0)x_0 \quad (6)$$

respectiv, criteriul de performanță (1), pentru traiectoria (5) și comanda (6) are valoarea;

$$\begin{aligned} \tilde{V}(x_0) = & x_0^T \Phi_0^T(t_f, t_0) S \Phi_0(t_f, t_0) x_0 + \\ & + x_0^T \int_{t_0}^{t_f} \Phi_0^T(t, t_0) [Q(t) + F^T(t) R(t) F(t)] \Phi_0(t, t_0) dt x_0 \end{aligned} \quad (7)$$

Legea de comandă (3) este o soluție, în circuit închis, pentru problema liniar pătratică, dacă pentru oricare  $x_0 \in \mathbb{R}^n$  este adevărată egalitatea

$$\tilde{V}(x_0) = V(x_0) \quad (8)$$

unde cu  $V(x_0)$  s-a notat valoarea optimă a criteriului de performanță (1), caz în care (3) se numește lege de comandă optimă. Dacă se introduce ecuația diferențială matricială Riccati

$$-\dot{P}(t) = A^T(t)P(t) + P(t)A(t) - P(t)B(t)R^{-1}(t)B^T(t)P(t) + Q(t) \quad (9)$$

cu condiția de capăt

$$P(t_f) = S \quad (10)$$

se cunoaște următorul rezultat fundamental: dacă ecuația (9) are pe intervalul  $[t_0, t_f]$  o soluție  $P(\cdot)$  (care este simetrică  $P^T(t) = P(t)$ ,  $\forall t \in [t_0, t_f]$ ) satisfăcînd (10) atunci

$$u(t) = -R^{-1}(t)B^T(t)P(t)x(t) \quad (11)$$



este o soluție în circuit închis a problemei liniar pătratică; această soluție este unică și valoarea optimă a indicelui de performanță este

$$V(x_0) = x_0^T P(t_0) x_0 \quad (12)$$

Un caz interesant este și acela în care  $t_f \rightarrow \infty$ , cînd se formulează problema de optimizare liniar pătratică cu timp final infinit; pentru aceasta fie sistemul liniar invariant în timp

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

și criteriul pătratic

$$I_\infty = \int_0^\infty [x^T(t)Qx(t) + u^T(t)Ru(t)] dt \quad (13)$$

în care  $Q \geq 0$  și  $R > 0$  sînt matrici constante. Dacă perechea  $(A, B)$  este stabilizabilă, atunci legea de comandă

$$u(t) = -R^{-1}B^T \bar{P}x(t) \quad (14)$$

cu  $\bar{P} \geq 0$ , o soluție pozitiv semidefinită, a ecuației matriciale algebrice Riccati

$$A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + Q = 0 \quad (15)$$

este o soluție în circuit închis a problemei liniar pătratică cu timp final infinit, iar

$$V_\infty(x_0) = x_0^T \bar{P} x_0 \quad (16)$$

este valoarea optimă a indicelui de performanță (13). Dacă în plus perechea  $(\sqrt{Q}, A)$  este detectabilă, legea de comandă (optimală) (14) este stabilizatoare.

**optimizare dinamică, optimizare în cazul sistemelor dinamice.**

**optimizare staționară (statică), optimizare în care variabila timp ( $t$ ) nu apare în mod explicit.** În acest sens o.s. cuprinde toate problemele de → **programare matematică**.

**ordin dinamic, dimensiunea  $n$  a spațiului de stare  $\mathcal{X}$  al unui sistem dinamic.** La sistemele liniare continue cu o intrare și o ieșire, dacă → **funcția de**

**transfer**  $H(s) = \frac{R(s)}{P(s)} \in \mathbb{R}(s)$  este ireductibilă o.d. este  $h = \partial[P(s)]$ :

**organ de execuție → organ de reglare**

**organ de reglare, element prin intermediul cărui se intervine în instalația tehnologică, în sensul modificării cantității de material sau de energie, sub acțiunea forței sau cuplului determinate de elementul de acționare.** O. de r. este realizat sub forma unor dispozitive adaptate la caracteristicile instalației tehnologice: robinete, dozatoare, dispozitive de deplasare etc. Mărimea de ieșire a o.de r. se prezintă de cele mai multe ori sub forma unei deplasări (liniară sau unghiulară); ea reprezentînd în același timp și ieșirea elementului de execuție. Există două mari clase de o.de r.: mecanice și electrice. O.de r. mecanice pot fi



grupate astfel: o.de r. pentru debite de fluide (robinete cu ventil, robinete cu clapetă); o.de r. pentru cantități de materiale solide (alimentatoare cu bandă, cu șurub melcat); o.de r. pentru menținerea direcției (aparate de cârmă); o.de r. speciale cu acțiune continuă sau discontinuă (port-scule, schimbătoare de sens, de viteză). O.de r. *electrice* pot fi de mai multe tipuri: cu acțiune continuă sau bipozițională, pentru reglarea curentului sau a tensiunii etc. Dintre acestea, cele mai uzuale sînt: reostatele, autotransformatoarele, contactoarele, amplificatoarele magnetice.

organigramă → schemă logică

**oscilator**, circuit electronic fără reacție sau cu reacție pozitivă, care produce prin oscilație electromagnetică un semnal periodic sinusoidal sau nesinusoidal. O. au un larg domeniu de aplicabilitate în construcția sistemelor de reglare și de conducere a proceselor, de ex: generarea unui sistem de alimentare trifazat de frecvență variabilă; comanda tensiunii sau a curentului pentru teletransmisia de date; modularea și demodularea semnalelor în construcția reglatoarelor electronice; comanda de sincronizare a procesoarelor numerice (microcalculatoare, automate programabile) din sistemele de conducere în timp real. Un o. trebuie să asigure stabilitatea frecvenței semnalului produs, adică abaterea frecvenței oscilatorului de la frecvența de rezonanță a circuitului selectiv să fie cât mai mică.

**oscilator comandat**, oscilator a cărui frecvență este comandată de o tensiune sau de un curent (oscilator modulat în frecvență). O.c. se utilizează în teletransmisia datelor ce au fost în prealabil transformate în semnal modulator (tensiune sau curent de comandă). Pentru măsurarea mărimilor neelectrice se folosesc traductoare pasive introduse direct în circuitul ce determină frecvența unui o.c. Modificarea parametrilor traductorului ( $R$ ,  $L$  sau  $C$ ) produsă de mărimea neelectrică determină modificarea frecvenței generate, prin măsurarea căreia se determină valoarea mărimii neelectrice.

**oscilator de relaxare**, oscilator ce produce oscilații de relaxare, caracterizate printr-un interval de variație relativ lentă, urmat de un interval de variație rapidă în timp. O. de r. poate folosi diode tunel pentru generarea de semnale sinusoidale, sau rezistențe cu caracteristică negativă pentru obținerea de semnale nesinusoidale.

**oscilator LC**, oscilator sinusoidal în scheme de automatizare, care conține bobine și condensatoare pentru producerea oscilațiilor. Principalele tipuri de o.LC sînt: cu circuit oscilant în colector (fig. O.1) în trei puncte (de ex., Hartley, Colpitts, Clapp), cu circuit oscilant în emitor și în punct. Frecvența de oscilație variază invers proporțional cu  $\sqrt{LC}$ . În general, o.LC au o stabilitate mai bună decît a oscilatoarelor RC și puteri de ieșire mai mari în cazul conexării sarcinii prin transformator.

**oscilator piezoelectric**, oscilator electromecanic la care sistemul oscilant este format dintr-un corp cu proprietăți piezoelectrice de tipul cristalului de cuarț. O.p. se caracterizează printr-o foarte bună stabilitate a frecvenței,

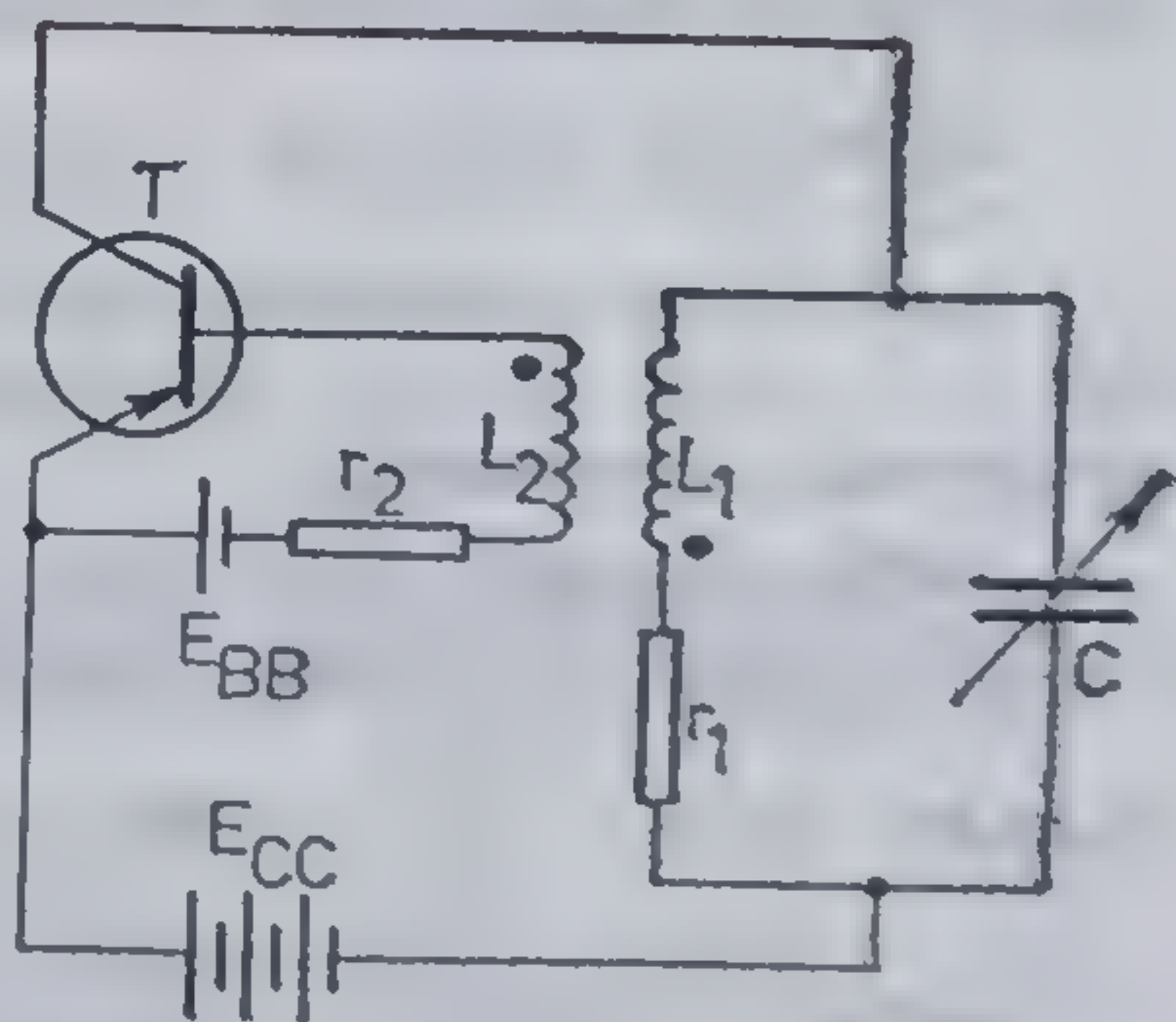


Fig. O.1. Oscilator LC, cu circuit oscilant în colector, în conexiune EC.



toleranța admisă a frecvenței în jurul celei nominale fiind de  $\pm 0,0005\%$  sau mai mică. Schema unui o.p. cu cristal de cuarț este prezentată în fig. 0.2. Datorită stabilității lor foarte bune, o.p. sunt utilizate în generarea semnale-

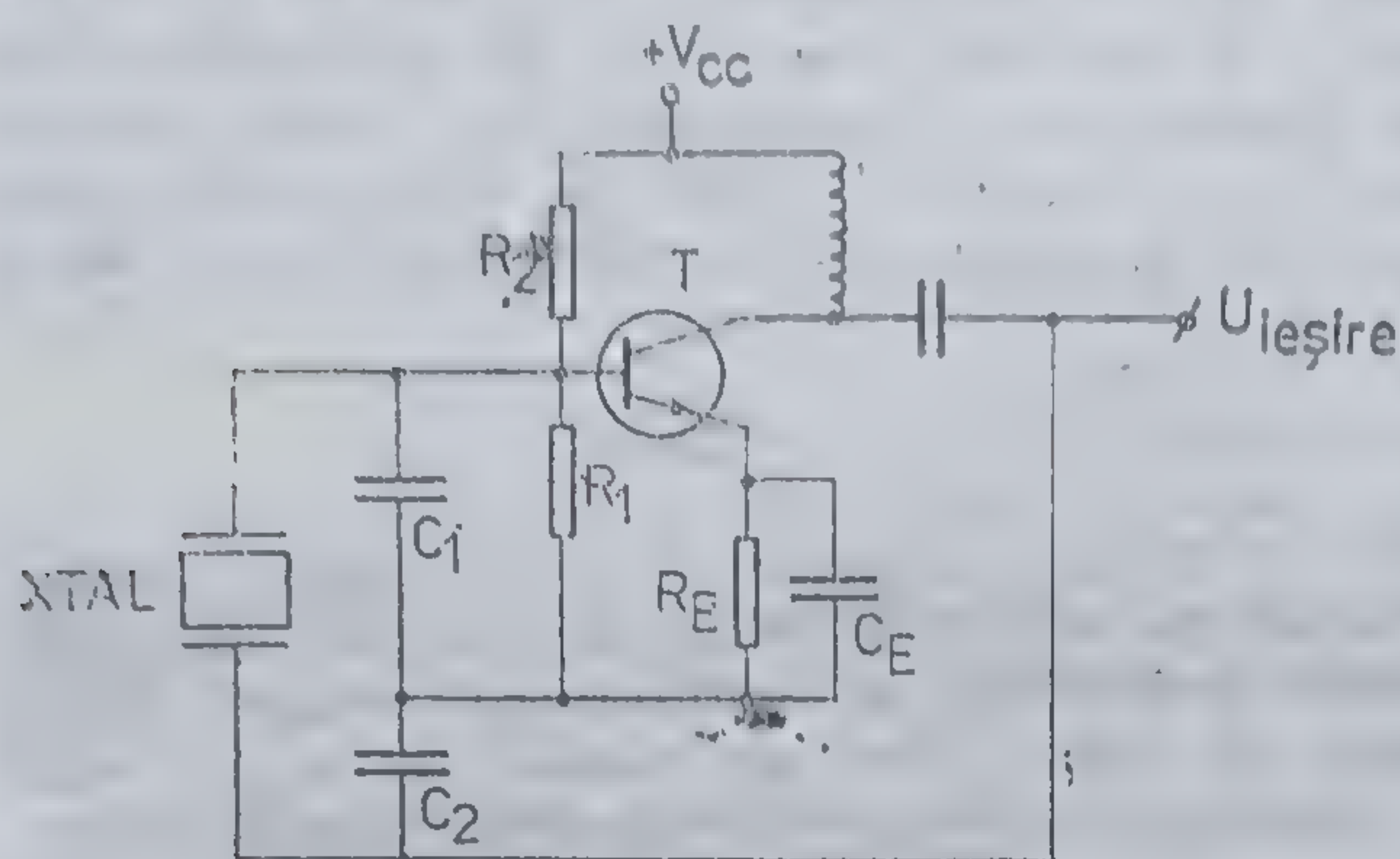


Fig. 0.2. Oscilator piezo-electric Pierce cu cristal de cuarț.

lor de sincronizare a unităților centrale de prelucrare numerică a informației, de tip microprocesor.

Oscilator RC, oscilator sinusoidal ce utilizează în principal rezistențe și condensatoare pentru a genera semnale oscilante în gamă largă de frecvență (de la zeci la sute de kHz). Frecvența generată de o.RC este proporțională cu  $\frac{1}{RC}$ . După numărul buclelor de reacție, există o.RC cu una sau două

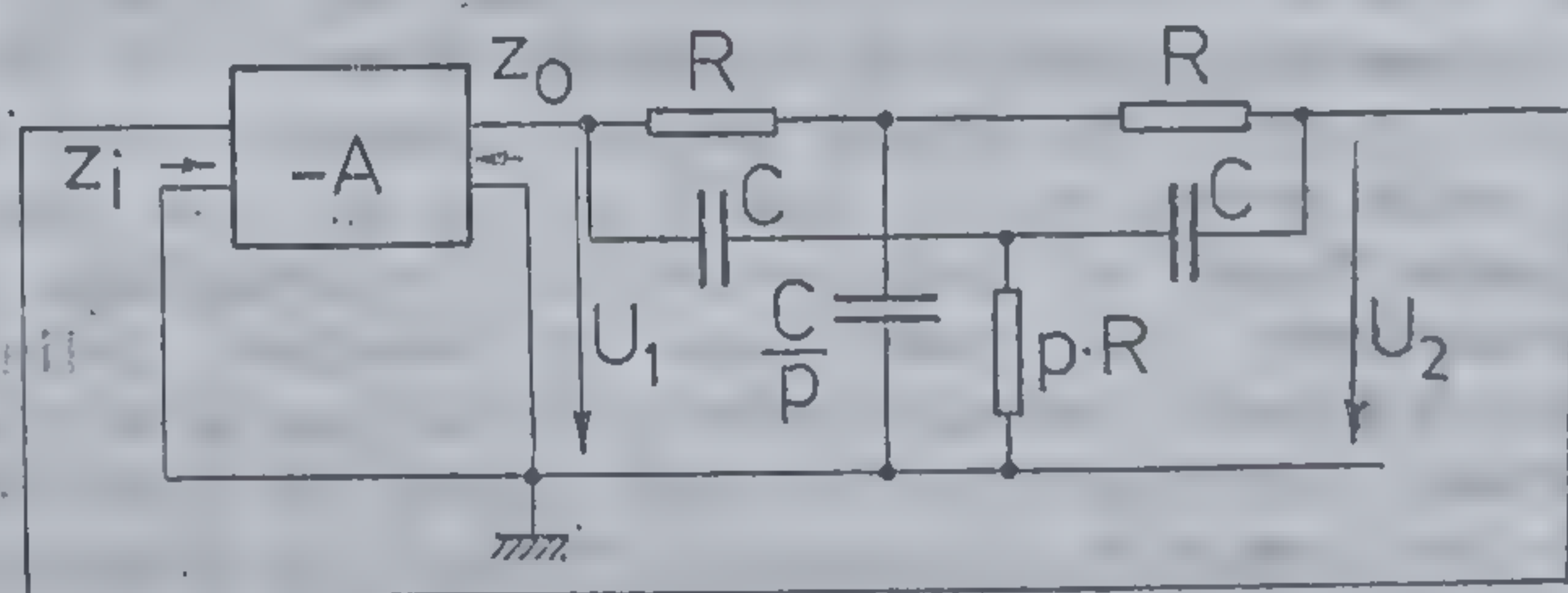


Fig. 0.3. Oscilator RC cu rețea dublu T.

bucle, iar după tipul rețelei de reacție RC se deosebesc o.RC cu rețea de defazare, cu punte de defazare, cu punte Wien, cu reacție dublu T (fig. 0.3).



**pachet**, entitate de date ce constituie unitatea de transmisie în cadrul unei rețele de comunicații. Principial **p.** constă dintr-un antet ce descrie informația conținută și date privind emițătorul și destinatarul, precum și din informația propriu-zisă, compusă de regulă, dintr-un număr de cuvinte egal cu o putere a lui 2. Uneori **p.** conține și informații de control necesare verificării corectitudinii recepției.

**panou de comandă**, bloc funcțional ce intră în componența unui echipament de conducere a proceselor, având drept funcții de bază introducerea manuală a datelor și afișarea continuă sau la cerere a unor informații privind evoluția procesului și starea echipamentului de comandă. Introducerea manuală de date se face prin taste, comutatoare bipoziționale, decadice, dispuse pe **p. de c.**, cu ajutorul cărora operatorul configurează sistemul, introduce programul piesă (la echipamente CN, CNC), corectează valorile programate ale unor mărimi introduse automat etc. Afișarea informațiilor se poate face analogic, numeric, alfanumeric, semigrafic, cu elemente de afișare de tip: tub Nixie, elemente optoelectronice, tub catodic, ș.a.

**parametru**, coeficient ce apare în reprezentarea sistemică a unui proces care deși este, în primă analiză, presupus constant, poate să se modifice. În unele cazuri, aceste modificări ale **p.** unui sistem (îndeosebi la sistemul  $\rightarrow$  parte fixată se interpretează ca  $\rightarrow$  perturbații și se numesc perturbații parametrice, dar acest gen de abordare întâmpină obstacole greu de depășit datorită modului neliniar de acțiune a acestor perturbații.

**paritate**, caracteristică a unui cuvânt de cod binar de a avea un număr par sau impar de componente 0 sau 1. Se utilizează în detecția erorilor de transmisie a datelor binare, permițând detectarea apariției unei erori aditive singulare.

**parte fixată**, ansamblul format din procesul propriu-zis (instalație automatizată), elementul de execuție și traductor, care pentru un  $\rightarrow$  sistem automat reprezintă un sistem cu funcționalitate fixă și cunoscută, ce face obiectul conducerii automate.

**partiție** (a unei mulțimi  $M$ ), familie de submulțimi nevide disjuncte a cărei reuniune este chiar mulțimea dată, adică:

$$\pi = \{A_i\}, \quad i \in M$$

$$A = \bigcup_{i \in M} A_i$$

$$A_i \cap A_j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j \in M$$

Submulțimile  $A_i$  se numesc blocurile **p.**  $\pi$ . Faptul că două elemente  $m_1, m_2$  din  $M$  aparțin aceluiași bloc al **p.**  $\pi$ , se notează  $m_1 = m_2(\pi)$ . O **p.**  $\pi$  realizează



$\circ \rightarrow$  relație de echivalență  $R$  pe mulțimea  $A$  și reciproc:

$$m_1 R m_2 \Leftrightarrow m_1 = m_2(\pi)$$

pas cu pas  $\rightarrow$  motor pas cu pas

pas de cuantizare, interval dintre două valori discrete consecutive din domeniul de variație în amplitudine al unui semnal  $S$ , cuantizat (eșantionat în amplitudine). P. de c. este constant la cuantizarea liniară, când valorile discrete alese sînt echidistante, sau variabil la cuantizarea neliniară, când eșantioanele alese nu sînt echidistante. În cazul cuantizării obișnuite, cu p. de c. constant ( $\Delta S$ ), eroarea maximă de cuantizare are expresia:

$$\Delta C_{max} = \frac{\Delta S}{2(S_{max} - S_{min})} = \frac{1}{2(M - 1)}$$

unde  $M$  este numărul nivelelor de cuantizare. Cuantizarea neliniară este utilizată pentru a micșora valoarea medie pătratică a erorii de cuantizare.

pereche pozitivă, pereche  $((A, b); J(0, t_f))$  formată pe baza sistemului liniar cu o intrare

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t) \quad (A \in \mathbb{R}^{n \times n}, b \in \mathbb{R}^n)$$

și a indicelui de performanță atașat acestuia

$$J(0, t_f) = \int_0^{t_f} (ru^2 + x^T l u + u^T l x + x^T Q x) dt, \quad t_f \geq 0$$

unde  $l, r \in \mathbb{R}^n$ ,  $Q = Q^T \in \mathbb{R}^{n \times n}$ , în cazul în care există funcțiile reale și continue  $\alpha(x)$  și  $\beta(x, u)$  cu proprietățile:

$$\beta(x, u) \geq 0, \quad \forall x, u$$

astfel încît

$$J(0, t_f) = \bar{J}(0, t_f) = \alpha(x(t)) \Big|_0^{t_f} + \int_0^{t_f} \beta(x(t), u(t)) dt$$

oricare ar fi  $u(\cdot)$ ,  $x(\cdot)$  verificînd ecuația sistemului și oricare  $t_f \geq 0$ .

performanțele sistemelor automate, indici ce caracterizează răspunsul unui sistem automat, permițînd formularea dezideratelor de conducere ca niște condiții suplimentare față de condițiile de reglare și stabilitate internă ( $\rightarrow$  sistem automat) și avînd, prin excelență, un caracter ingineresc. Când se referă la regimul tranzitoriu se numesc *performanțe de regim tranzitoriu*, respectiv *performanțe de regim permanent* (staționar) cînd se referă la comportarea permanentă (staționară) a sistemului automat. De asemenea, cînd se definesc pentru o valoare a timpului p.s.a. se numesc *locale* și, respectiv, *globale* dacă în definire intervine un interval din mulțimea valorilor timpului. Performanțele locale de regim tranzitoriu mai des utilizate sînt:  $\rightarrow$  timp tranzitoriu,  $\rightarrow$  suprareglaj, eroare staționară la mărime externă precizată.



În unele cazuri se pot utiliza și altele cum ar fi:  $\rightarrow$  timp de creștere,  $\rightarrow$  timp de stabilire,  $\rightarrow$  indice de oscilație. Performanțele globale sînt în general de tip integral

$$I = \int_{t_0}^{t_f} f(\varepsilon) w(t) dt$$

cu  $[t_0, t_f]$  intervalul de timp,  $f(\varepsilon)$  o funcție de eroare precizată și  $w(t)$  o funcție ce orientează (prin pondere diferită) criteriul spre un anumit subinterval din cel considerat. Cazul cel mai întâlnit este acela al criteriului integral pătratic.

**periferice generale**, numele generic dat echipamentelor periferice ale sistemelor de conducere care nu sînt specifice acestora, așa cum este consola operatorului de proces, ci se regăsesc și în sistemele de calcul de tip universal ( $\rightarrow$  bandă magnetică,  $\rightarrow$  cititor,  $\rightarrow$  disc,  $\rightarrow$  display,  $\rightarrow$  imprimantă,  $\rightarrow$  terminal,  $\rightarrow$  terminal inteligent).

**perturbație**, componentă a vectorului  $p$  (sau întregul vector) care grupează o submulțime a mărimilor de intrare într-un sistem, a cărei variație este lăsată, intenționat sau fortuit, liberă, urmînd ca efectul ei asupra mării de ieșire din sistem să fie înlăturat cu ajutorul  $\rightarrow$  mării de comandă  $u$ . Acest lucru este posibil numai dacă se cunoaște la fiecare moment de timp mărimea de ieșire, respectiv variația dorită pentru aceasta, adică în cadrul unei structuri la care decizia asupra modificării mării de comandă  $u$  se ia pe baza erorii față de valoarea dorită, respectiv curentă a mării de ieșire ( $\rightarrow$  sistem automat).

**pilot automat**, echipament care comandă automat instalațiile și agregatele de zbor ale unei aeronave, menținînd o direcție de zbor și o poziție determinate în raport cu o traiectorie prescrisă. P.a. modern este prevăzut și cu posibilități de efectuare automată (integral sau parțial) a operațiilor de aterizare, chiar în condiții meteorologice dificile. P.a. cuprinde în structură sa un sistem de calcul care, primind informații de la traductoarele care măsoară parametrii ce caracterizează deplasarea aeronavei (în principal, giroscopae, accelerometre și altimetre), le prelucrează și în funcție de programul de zbor transmite comenzi către elementele de execuție care acționează dispozitivele de modificare a traiectoriei și vitezei (profundor, flapsuri, alimentarea motoarelor etc.).

**planul stărilor**, spațiul de stare  $X$  în cazul sistemelor dinamice continue cu  $\rightarrow$  ordin dinamic doi. Ținînd cont că reprezentarea geometrică a traiectoriei unui sistem dinamic este foarte sugestivă, p.s. este utilizat ca o metodă de analiză a sistemelor liniare, dar îndeosebi neliniare, de ordin 2, fiind dezvoltate metode de trasare exactă sau aproximativă a traiectoriilor de stare, de analiză a  $\rightarrow$  punctelor singulare și a  $\rightarrow$  ciclurilor limită ale sistemului.

**poli**, zerourile numitorului funcției de transfer  $H(s)$  (dacă sistemul este continuu) sau  $H(z)$  (pentru cazul discret). Dacă  $H(s)$ , ( $H(z)$ ) este ireductibilă, mulțimea polilor  $\mathfrak{P}(H(s))$  ( $\mathfrak{P}(H(z))$ ) este identică cu mulțimea valorilor proprii ale matricii  $A$  ( $\sigma(A)$ ), în caz contrar

$$\mathfrak{P}(H(s)) \subset \sigma(A)$$



Cu  $m \rightarrow$  răspunsul indicial al unui sistem continuu (discret) fără poli în origine, descris de

$$H(s) = \frac{R(s)}{P(s)} = \frac{R(s)}{\prod_{i=1}^n (s - p_i)^{m_i}}$$

$$\left( H(z) = \frac{R(z)}{P(z)} = \frac{R(z)}{\prod_{i=1}^n (z - p_i)^{m_i}} \right)$$

cu  $n$  — numărul de p. distincți și  $m_i$  — ordinul de multiplicitate a polului  $p_i$  este

$$y(t) = \frac{R(0)}{P(0)} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij} \frac{t^{j-1}}{(j-1)!} e^{p_i t}, \quad \mathbb{R} \ni t \geq 0$$

$$(y(k) = \frac{R(1)}{P(1)} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij} C_k^{j-1} p_i^{k-j}, \quad k \in \mathbb{N})$$

se deduce imediat că performanțele dinamice ale sistemului sînt influențate, în principal, de amplasarea p. în planul  $s(z)$  și de aceea majoritatea procedurilor de sinteză sînt de tipul „cu alocare de poli” pe baza performanțelor impuse.

**poli dominanți**, poli ce determină, în principal, răspunsul unui sistem stabil; de ex., în cazul unui sistem liniar continuu p.d. sînt polii din semiplanul stîng care sînt cei mai apropiați de axa imaginară, iar la un sistem discret sînt polii cei mai apropiați de cercul de rază unitară (interiori acestui cerc), cu centrul în origine. Îndeplinirea, prin sinteză, a unui set de performanțe revine la alocarea p.d.

**pol nom anulator**, al  $n \times n$  — matricii reale  $A$  este polinomul

$$p(\lambda) = \sum_{i=0}^r a_i \lambda^i$$

pentru care  $p(A) = 0$ . Mulțimea p.a. este nevidă deoarece polinomul caracteristic al matricii  $A$

$$\chi(p) = \det (pI - A)$$

îndeplinește condiția  $\chi(A) = 0$  conform teoremei Cayley-Hamilton. P.a. avînd  $r$  minim se numește **polinom minimal**.

**pondere** (a unui cuvînt de cod) numărul de componente diferite de zero într-un cuvînt de cod. În codurile de grup p. minimă nenulă reprezintă distanța Hamming.

**pornirea automată a motoarelor**, operație prin care se asigură atingerea regimului nominal de funcționare a unui motor, cu respectarea limitelor admisibile de curent, în funcție de una din mărimile care se modifică în intervalul pornirii: curent, viteză, timp etc. În cazul motoarelor de curent continuu, cele mai răspîndite metode de pornire sînt: a) în funcție de viteză



(fig. P.1), cu elemente care măsoară, fie direct viteza, fie mai uzual, cu elemente care acționează la variația tensiunii contraelectromotoare, proporțională cu turația, de tip releu de tensiune. Motorul pornește la apăsarea

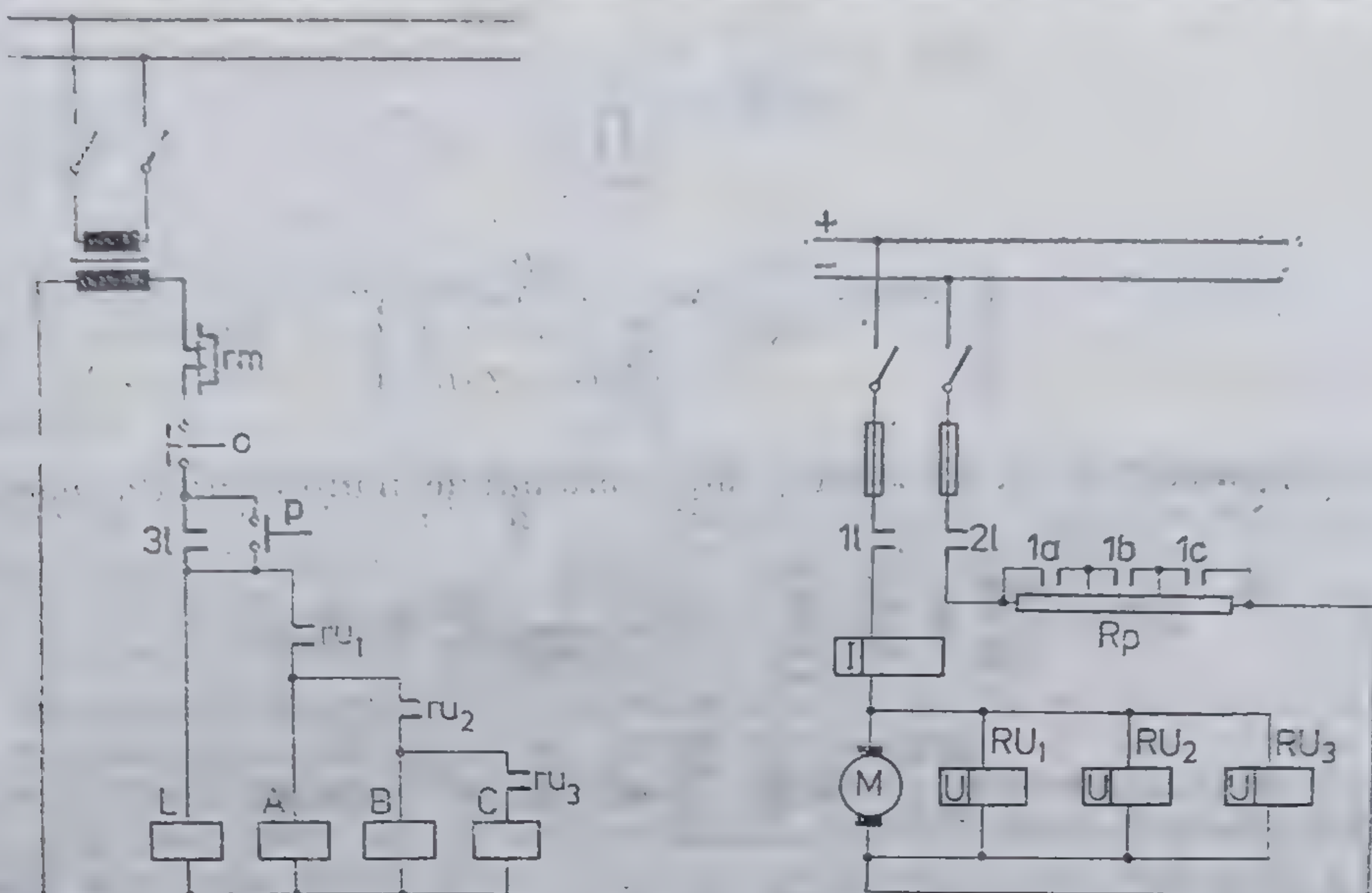


Fig. P.1. Schema de pornire a motoarelor de curent continuu în funcție de tensiunea contraelectromotoare.

rea pe butonul de pornire  $P$ , prin care se alimentează bobina contactorului de linie  $L$ , care închide contactele normal deschise  $1L$  și  $2L$  ce asigură alimentarea și  $3L$  care asigură automenținerea. Apoi, pe măsură ce tensiunea la bornele motorului atinge valorile corespunzătoare tensiunilor de acționare

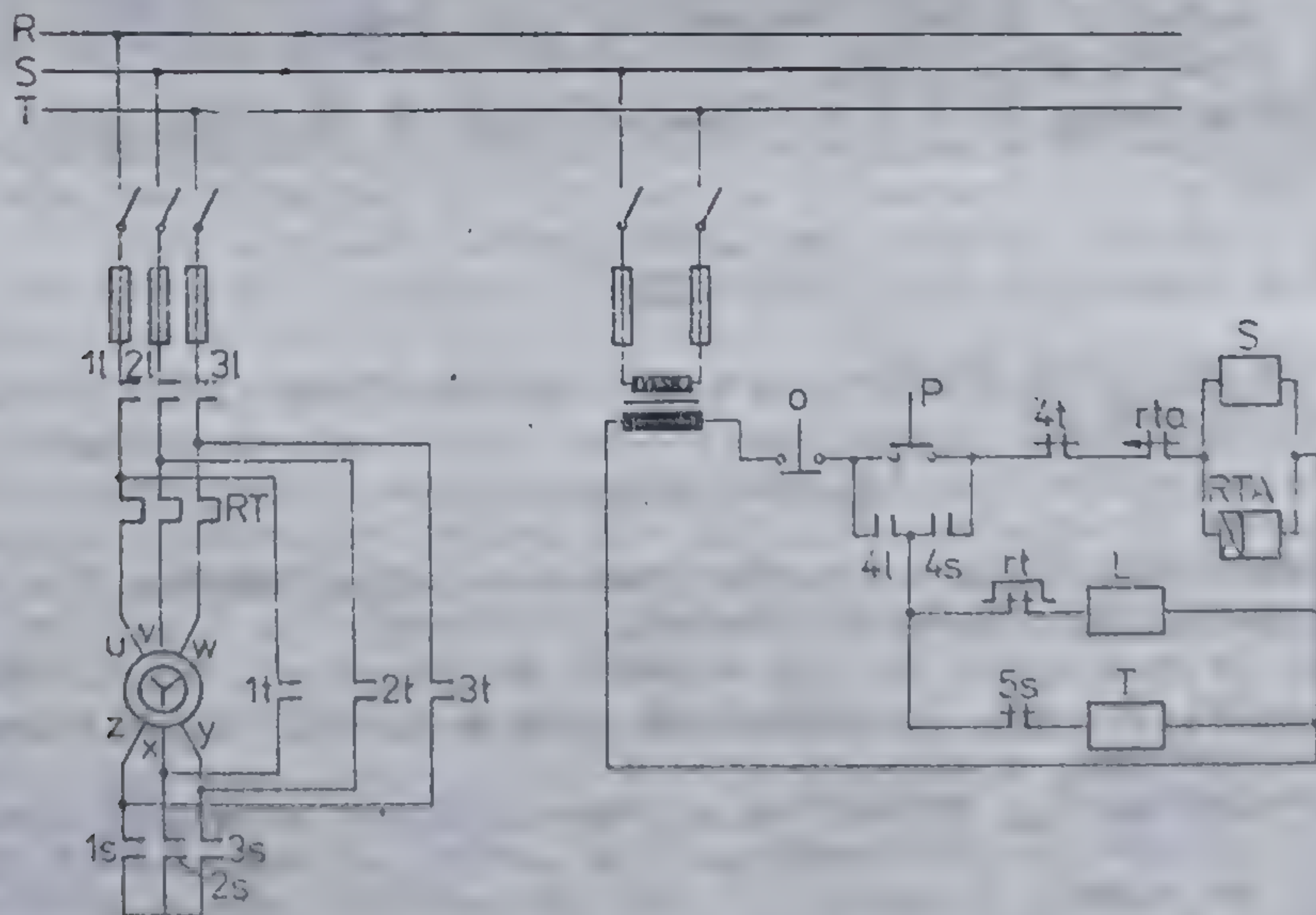


Fig. P.2. Schema de pornire a motoarelor asincrone trifazate cu comutator stea-triunghi.



a releelor de tensiune  $RU_t$ , se scurtcircuitază pe rînd treptele reostatului de pornire  $R_p$ ; b) în funcție de curent, cu o schemă asemănătoare cu cea de la punctul a), dar treptele reostatului de pornire sînt scurtcircuitate de contacte ale unor relee de curent; c) în funcție de timp, cu o schemă asemănătoare cu cea de la punctul a), dar treptele reostatului de pornire sînt scurtcircuitate de contacte ale unor relee de timp. În cazul motoarelor asincrone trifazate cea mai răspîdită metodă de pornire în trepte este pornirea stea-triunghi. La început motorul (cu rotor în scurtcircuit) este conectat la rețeaua trifazată de alimentare cu înfășurările statorice legate în stea, iar după un interval de timp prereglat, un releu de timp permite trecerea la conexiunea statorică în triunghi, permițînd mărirea curentului de 3 ori.

**post mortem**, protocol elaborat în timpul unei avarii a sistemului de conducere, avînd drept scop furnizarea informațiilor necesare pentru stabilirea ulterioară a cauzelor avariei, ca și pentru luarea măsurilor necesare pentru evitarea unor evenimente similare în viitor.

**post procesor**, program de calcul (elaborat într-un limbaj specializat de programare automată a mașinilor unelte), pe baza căruia un calculator universal prelucrează datele din lista de date de ieșire din procesor și furnizează pe baza lor programul mașină. Principala funcție a p. p. este de a adapta datele din lista de date de ieșire procesor la condițiile constructive și funcționale ale unui anumit tip de mașină-unealtă.

**poziționare**, mod de comandă program a mașinilor unelte în care deplasările organelor mobile pe diferite axe nu sînt coordonate între ele, putînd fi succesive sau simultane. Un echipament de p. urmărește numai atingerea (cu o anumită viteză) a punctului final, nu și traiectoria pe care se face deplasarea spre acel punct. În timpul deplasării de p. scula nu așchiază. **P.** în trepte se caracterizează prin stabilirea de trepte descrescătoare de viteză pe măsură ce organul mobil se apropie de punctul final, pentru a se asigura viteza de p. la care se atinge acest punct în limita de eroare admisă. **P.** în timp minim constituie un procedeu de p. la care atingerea punctului final se face, în limita de eroare admisă în cel mai scurt timp. Un exemplu este p. cu frinare după o parabolă.

**prag de sensibilitate**, cea mai mică variație a mărimii aplicată unui aparat de măsurat care poate fi afișată în mod cert de către acesta. **P. de s.** este un indicator utilizat, în special, pentru măsurări de precizie ale unor mărimi de valori reduse, el fiind acela care condiționează valoarea minimă ce poate fi măsurată. Principalii factori care determină p.de s., în afara rezoluției sînt: fluctuațiile datorate perturbațiilor interne și externe (zgomotele) în circuitele electrice, frecările statice și jocurile în angrenaje pentru dispozitivele mecanice. Noțiunea de p.de s. introdusă inițial referitor la aparatele de măsurat, poate fi extinsă la traductoare și la oricare dintre celelalte blocuri funcționale ale unui sistem automat.

**precizia măsurării**, indicator prin care se caracterizează gradul de conformitate a rezultatului unei măsuri cu valoarea reală sau cu o valoare convențională, reprezentînd mărirea măsurată. În practică, p.m. se referă la aparate, traductoare, etaloane sau alte dispozitive utilizate în măsurări, exprimarea sa cantitativă făcîndu-se prin intermediul erorilor admisibile sau tolerate care reprezintă diferențele maxime ce pot apare între rezultate și valorile reale ale mărimilor măsurate. Erorile tolerate sînt date sub formă normată, adică raportate la anumite condiții de utilizare a aparatelor. În scopul normării se face separarea în erori de bază sau intrinseci și erori suplimentare sau de influență. Erorile intrinseci sînt cele care apar în condiții de referință: valori constante ale factorilor de mediu (temperatură, umiditate, cîmpuri electrice, magnetice



acclerații etc.), cerințe speciale pentru alimentare, conectare, poziție etc. Erorile suplimentare sînt cele provocate de variația mărimilor de influență în afara limitelor prevăzute de condițiile de referință. Ele sînt specificate pentru fiecare mărime de influență separat și pe intervale de variație determinate. Erorile intrinseci pot fi normate sub formă de erori absolute, erori relative sau combinații ale acestora. În scopul unificării reprezentării cantitative a preciziei — indiferent de modul în care sînt normate erorile tolerate intrinseci — se folosește indicatorul  $\rightarrow$  **clasă de precizie**. Clasa de p. la aparatele la care se normează eroarea relativă (raportată la intervalul de măsurare) are semnificația erorii tolerate intrinseci și se exprimă în procente, valorile uzuale fiind: 0,001; 0,002; 0,005; 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 2,5; 5. Normarea erorilor suplimentare se face de regulă prin raportarea la cele intrinseci, în procente din acestea, depinzînd de variațiile față de condițiile de referință ale mărimilor de influență respective.

**precizia sistemelor de reglare**, precizia de aproximare de către mărimea de ieșire reală a sistemului a mărimei de ieșire dorite, impusă prin program. Diferența dintre ieșirea reală și cea dorită poartă numele eroare sau abatere. Pentru cazul sistemelor multivariabile se definește similar un vector al mărimei de abatere.

**predecesor al unei stări  $\rightarrow$  succesor al unei stări**

**predicția interacțiunilor**, metodă de conducere utilizată în cadrul sistemelor ierarhizate care constă în elaborarea comenzilor pe baza valorilor predictate ale interacțiunilor ce rezultă între subprocese ca urmare a implementării comenzilor menționate.

**prelucrare paraxială  $\rightarrow$  comandă numerică**

**prelucrare primară**, ansamblu de operații de prelucrare la care sînt supuse datele, obținute de la ieșirea convertorului analog-numeric al unui sistem al intrărilor analogice, în vederea conversiei lor într-o formă imediat utilizabilă pentru prelucrarea propriu-zisă, avînd drept scop elaborarea comenzilor spre procesul condus. În cadrul activității de prelucrare primară au loc operații de conversie în unități ingineresti, filtrare, liniarizare, corecție a erorilor sistematice, testare a încadrării între limite impuse. Conversia în unități ingineresti are drept rezultat transformarea într-un format cu virgulă mobilă și cu semnificație fizică precizată a numărului întreg (de obicei de 12 biți) de la ieșirea convertorului analog-numeric. Utilizarea formatului cu virgulă mobilă pentru restul operațiilor are avantajul obținerii rezoluției maxime în condiții date, ca dezavantaj menținîndu-se timpul de prelucrare marginal mai lung față de formatele întregi. În principiu, conversia în unități ingineresti presupune o transformare liniară a numărului de la ieșirea convertorului analog-numeric (reprezentînd valoarea în unități CAN a mărimei analogice măsurate), transformat în prealabil în număr în format cu virgulă mobilă. Filtrarea are drept scop eliminarea zgomotelor introduse prin inducție pe canalele de comunicație între traductoare și sistemul intrărilor analogice, precum și a celor produse de procesul de eșantionare. Filtrarea prin program este recomandabilă cînd frecvențele semnalelor perturbatoare sînt mici (sub 1 Hz), caz în care utilizarea unor filtre pasive nu este tehnologic acceptabilă. În majoritatea cazurilor filtrarea se face cu un filtru trece-jos, cu frecvența de tăiere egală aproximativ cu cea de eșantionare a semnalului respectiv. Liniarizarea are drept scop eliminarea neliniarităților statice introduse prin principiul de măsurare utilizat (de ex., măsurare debitului  $Q$  prin intermediul diferenței de presiune  $\Delta p$  între două puncte, unul în amonte, celălalt în aval față de diafragma utilizată; în acest caz  $Q = k\sqrt{\Delta p}$ ,  $k$  fiind o constantă) sau ca urmare a imperfecțiunilor



tehnologice de realizare a traductoarelor. Întrucît liniarizarea consumă un timp însemnat în ansamblul operațiilor de p.p. ea trebuie utilizată cu discernămint. Corecția erorilor sistematice de măsură elimină erorile introduse de variația în timp a parametrilor sistemului intrărilor analogice prin calibrarea periodică a acestuia și introducerea corecțiilor adecvate. Testarea intrării între limite stabilește dacă valoarea măsurată se încadrează în limitele tehnologice admise. În caz contrar se emite semnal de alarmă.

**principiul dualității**, principiu ce formulează conexiunea dintre  $\rightarrow$  proprietățile cauzale (respectiv anticauzale) ale unui sistem dinamic, liniar, continuu. În cazul variant, p.d. se formulează astfel: dacă sistemul  $(A(\cdot), B(\cdot), \cdot)$  este accesibil (controlabil) față de momentul  $\tau$ , atunci sistemul (numit „sistem dual”)  $(A^T(2\tau - \cdot), \cdot, B^T(2\tau - \cdot))$  este observabil (constructibil) și reciproc dacă sistemul  $(A(\cdot), \cdot, C(\cdot))$  este observabil (constructibil) față de momentul  $\tau$ , atunci sistemul „dual”  $(A^T(2\tau - \cdot), C^T(2\tau - \cdot), \cdot)$  este accesibil (controlabil). Pentru cazul invariant, p.d. este: dacă sistemul  $(A, B, \cdot)$  este accesibil (deci controlabil) atunci „sistemul dual”  $(A^T, \cdot, B^T)$  este observabil (deci constructibil), respectiv dacă sistemul  $(A, \cdot, C)$  este observabil (constructibil) atunci „sistemul dual”  $(A^T, C^T, \cdot)$  este accesibil (deci controlabil). Pe baza p.d. problema construcției unui  $\rightarrow$  estimator alocat se reduce la o problemă de alocare pe sistemul dual.

**principiul minimului (maximului)**, rezultat fundamental al teoriei sistemelor optimale ce formulează condițiile necesare pentru  $\rightarrow$  optimizarea unui sistem dinamic. Considerînd sistemul dinamic, neted

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)) \quad (1)$$

la care, mărimea de comandă  $u(t) \in \mathcal{U}$ ,  $\forall t$  cu  $\mathcal{U} \subset \mathbb{R}^m$  o parte a lui  $\mathbb{R}^m$  reprezentînd domeniul de variație a comenzilor. Se notează cu  $\mathcal{U}$  clasa funcțiilor de comandă admise de sistem și se consideră a fi mulțimea funcțiilor  $u(\cdot): \mathbb{R} \Rightarrow U$  care sînt continui pe porțiuni, exceptînd o mulțime de puncte izolate care sînt discontinuități de prima speță. Se atașază sistemului (1) indicele de performanță

$$J = \int_{t_0}^{t_f} f^0(t, x(t), u(t)) dt \quad (2)$$

unde  $t_f$  nu este în mod necesar specificat. Dacă  $x_0, x_f = x(t_f)$  sînt două stări arbitrare din  $\mathbb{R}^n$  dar fixate, p.m. se zice cu extreme fixate. Problema de optimizare se formulează astfel: pentru  $x_0, x_f \in \mathbb{R}^n$  stări arbitrare fixate, să se determine o comandă  $u(\cdot) \in \mathcal{U}$  care transferă starea  $x_0$  în starea  $x_f$  și care minimizează indicele de performanță (2), adică oricare ar fi altă comandă  $\tilde{u}(\cdot) \in \mathcal{U}$  ce realizează același transfer de stare, dar pe traiectoria  $\tilde{x}(\cdot)$  și  $\tilde{t}_f$  este momentul de timp pentru care  $\tilde{x}(\tilde{t}_f) = x_f$ , atunci

$$J = \int_{t_0}^{t_f} f^0(t, x(t), u(t)) dt \leq \tilde{J} = \int_{t_0}^{\tilde{t}_f} f^0(t, \tilde{x}(t), \tilde{u}(t)) dt \quad (3)$$

În aceste condiții,  $u(\cdot)$  și  $x(\cdot)$  se numesc comanda, respectiv traiectoria optimală și alcătuiesc o pereche optimală  $(x(\cdot), u(\cdot))$ . Dacă se extinde sistemul (1) cu



ecuația obținută pe baza lui (2):

$$\dot{x}^0(t) = f^0(t, x(t), u(t)); \quad x^0(t_0) = 0 \quad (4)$$

se definește sistemul extins

$$\dot{\hat{x}}(t) = \hat{f}(t, \hat{x}(t), u(t)) \quad (5)$$

în care

$$\hat{x}(t) \triangleq \begin{bmatrix} x^0(t) \\ x(t) \end{bmatrix}; \quad \hat{f} = \begin{bmatrix} f^0 \\ f \end{bmatrix} \quad (6)$$

Fie funcția

$$H(t, x, \hat{\lambda}, u) \triangleq \sum_{i=0}^n \lambda^i f^i(t, x, u) = \hat{\lambda}^T \hat{f}(t, x, u) \quad (7)$$

definită pentru orice  $\hat{\lambda} = [\lambda^0 \lambda^1 \dots \lambda^n]^T$  numită variabilă adjunctă și de asemenea fie funcția

$$H^0(t, x, \hat{\lambda}) \triangleq \inf_{u \in U} H(t, x, \hat{\lambda}, u) \quad (8)$$

Pe baza lui (7) se deduce sistemul canonic (de tip Hamilton) de  $(2n+2)$  ecuații cu  $(2n+2)$  necunoscute:

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt} = H_{\hat{x}}(t, x, \hat{\lambda}, u) \quad (9)$$

$$\frac{d\hat{\lambda}(t)}{dt} = -H_{\hat{\lambda}}(t, x, \hat{\lambda}, u) \quad (10)$$

cu

$$H_{\hat{x}} \triangleq \begin{bmatrix} H_{x^0} \\ H_{x^1} \\ \vdots \\ H_{x^n} \end{bmatrix} \quad \text{și} \quad H_{\hat{\lambda}} \triangleq \begin{bmatrix} H_{\lambda^0} \\ H_{\lambda^1} \\ \vdots \\ H_{\lambda^n} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Notînd

$$\hat{A}(t) \triangleq \hat{f}_{\hat{x}}(t, x(t), u(t)) = \begin{bmatrix} f_{x^0}^0 & f_{x^1}^0 & \dots & f_{x^n}^0 \\ f_{x^0}^1 & f_{x^1}^1 & \dots & f_{x^n}^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{x^0}^n & f_{x^1}^n & \dots & f_{x^n}^n \end{bmatrix} \quad (12)$$

se obține că

$$\frac{d\hat{\lambda}}{dt} = -\hat{A}^T(t)\hat{\lambda} \quad (13)$$



care este un sistem liniar și omogen de ecuații diferențiale și se numește sistem adjuncat asociat comenzii  $u(\cdot)$  și traiectoriei  $x(\cdot)$ . Cum

$$f_{x_0}^i(t, x, u) = 0, \quad i = 0, 1, \dots, n \text{ se deduce imediat că}$$

$$\frac{d\lambda^0}{dt} = 0 \text{ deci } \lambda^0 = \text{ct.}$$

Cu toate aceste considerații se poate enunța p.m. pentru extreme fixe: fie  $u(\cdot)$  o comandă care transferă starea  $x_0$ , la momentul  $t_0$ , în starea  $x_f$  și fie  $x(\cdot)$  traiectoria corespunzătoare, iar  $t_f$  momentul de timp pentru care  $x(t_f) = x_f$ . Atunci dacă  $(u(\cdot), x(\cdot))$  este o pereche optimală, următoarele condiții (de necesitate) sînt îndeplinite:

a) există o soluție  $\hat{\lambda}(\cdot)$  neidentic nulă pe  $[t_0, t_f]$  a sistemului adjuncat (13) asociat perechii  $(x(\cdot), u(\cdot))$  astfel încît

$$H(t, x(t), \hat{\lambda}(t), u(t)) = H^0(t, x(t), \hat{\lambda}(t)) \quad (14)$$

în toate momentele  $t$  ale intervalului  $[t_0, t_f]$ .

$$b) \quad H^0(t, x(t), \hat{\lambda}(t)) = \int_{t_0}^t \hat{\lambda}^T(\tau) \hat{f}_t(\tau, x(\tau), u(\tau)) d\tau \quad (15)$$

$$\lambda^0 = \text{ct} \leq 0$$

Dacă sistemul (1) este invariant, atunci

$$H^0x(t, \hat{\lambda}(t)) = 0, \quad \forall t \in [t_0, t_f] \quad (16)$$

P.m. se poate formula, de o manieră similară, și în cazul extremelor mobile sau în cazul în care apar restricții suplimentare de tipul

$$\int_{t_0}^{t_f} f^{n+i}(t, x(t), u(t)) dt = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, l$$

și care se numesc condiții izoperimetrice, constituind, alături de  $\rightarrow$  programarea dinamică, o modalitate practică de determinare a soluției unei probleme de optimizare.

**principiul superpoziției**, principiu ce servește, în multe cazuri, drept definiție a sistemelor liniare și care afirmă că la o sumă de cauze se obține un efect, care este suma efectelor corespunzătoare fiecărei cauze. În acest sens, de ex., în răspunsul unui sistem liniar se poate evidenția o componentă forțată și o componentă liberă

$$x(t) = \varphi(t; x_0, u(\cdot)) = \varphi(t; 0; u(\cdot)) + \varphi(t; x_0, 0) = x_f(t) + x_l(t)$$

$$y(t) = Cx(t) = y_f(t) + y_l(t)$$

sau mai mult, componenta forțată se poate descompune într-o componentă permanentă (stabilizată) și o componentă tranzitorie. De asemenea, pentru o



mărimii de intrare

$$u(t) = \sum_{i=1}^l u_{it}(t)$$

răspunsul sistemului va fi

$$y(t) = y_l(t) + y_f(t) = y_l(t) + \sum_{i=1}^l y_{it}(t)$$

cu  $y_i(t)$  răspunsul forțat al sistemului la intrarea  $u_i(t)$ .

problema Bode, problemă fundamentală a teoriei clasice a sistemelor liniare ce se formulează în felul următor: dându-se o funcție  $H(s)$ ,  $s \in \mathbb{C}$  și care pentru  $s = j\omega$  devine

$$H(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = H(\omega) e^{i\varphi(\omega)}$$

să se determine ce legături există între  $U(\omega)$  și  $V(\omega)$ , respectiv  $H(\omega)$  și  $\varphi(\omega)$  sau mai precis modul în care

$$\begin{aligned} H(\omega) &\rightarrow \varphi(\omega) \\ U(\omega) &\rightarrow V(\omega) \end{aligned}$$

Dacă: a)  $\overline{H(\bar{s})} = H(s)$

b)  $H(s)$  este olomorfă în  $\mathbb{C}^+ = \{s | \operatorname{Re} s > 0\}$  adică  $H(s)$  nu are poli și zerouri în  $\mathbb{C}^+$ .

c)  $H(s)$  este olomorfă pe axa imaginară, exceptînd un număr finit de puncte izolate  $s_i = j\omega_i$  pentru care

$$\lim_{s \rightarrow j\omega_i} (s - j\omega_i)H(s) = 0$$

deci  $H(s)$  nu are poli pe axa imaginară, dar poate să aibă zerouri, în număr finit, atunci p.B. are soluție, iar  $H(s)$  ce satisface condițiile a), b), c), se numește de fază minimă (în caz contrar  $H(s)$  se zice de fază neminimă). Soluția p.B. este conținută în următoarele rezultate:

$$V(\omega) = \frac{2\omega}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{U(\eta) - U(\omega)}{\eta^2 - \omega^2} d\eta \quad \text{I-a formulă Bode}$$

$$V(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dU(\eta)}{d\xi} \ln \operatorname{ctg} \frac{|\xi|}{2} d\xi; \quad \eta = \omega e^{\xi}; \quad \text{a II-a formulă Bode}$$

$$V(\omega) = \frac{\pi}{2} \frac{dU(\omega)}{d\xi} + \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[ \frac{dU(\eta)}{d\xi} - \frac{dU(\omega)}{d\xi} \right] \ln \operatorname{ctg} \frac{|\xi|}{2} d\xi,$$

$$\text{cu } \frac{dU(\omega)}{d\xi} = \frac{dU(\eta)}{d\xi} \Big|_{\xi=0} \quad \text{a II'-a formulă Bode}$$



din care se poate deduce și implicația  $H(\omega) \Rightarrow \varphi(\omega)$

$$\varphi(\omega) = \frac{2\omega}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\ln H(\eta) - \ln H(\omega)}{\eta^2 - \omega^2} d\eta \quad \text{I-a formulă Bode}$$

$$\varphi(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[ \frac{d \ln H(\eta)}{d\xi} \right] \ln \operatorname{cth} \frac{|\xi|}{2} d\xi \quad \text{a II-a formulă Bode}$$

$$\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2} \left[ \frac{d \ln H(\omega)}{d\xi} \right] + \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[ \frac{d \ln H(\eta)}{d\xi} - \frac{d \ln H(\omega)}{d\xi} \right] \ln \operatorname{cth} \frac{|\xi|}{2} d\xi$$

$$\text{cu } \frac{d \ln H(\omega)}{d\xi} = \frac{d \ln H(\eta)}{d\xi} \Big|_{\xi=0} \quad \text{a II'-a formulă Bode}$$

Relațiile anterioare, ce reprezintă soluția p.B., sînt fundamentale pentru analiza și sinteza sistemelor liniare, în frecvență.

problema reglării, problemă de bază în cadrul teoriei sistemelor, ce constă în determinarea legii de comandă

$$u = F_1 x_1 + F_2 x_2 \quad (1)$$

astfel încît eroarea de calitate a unui sistem să satisfacă condiția:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} z(t) = 0 \quad (2)$$

P.r. este formulată pentru sistemul liniar (continuu):

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= A_1 x_1 + A_3 x_2 + B_1 u \\ \dot{x}_2 &= A_2 x_2 \\ y &= C_1 x_1 + C_2 x_2 = \tilde{y} + y_{ref} \\ z &= D_1 x_1 + D_2 x_2 = \tilde{z} + z_{ref} \end{aligned} \quad (3)$$

în care  $x_1 \in \mathbb{R}^{n_1}$  este starea procesului propriu-zis,  $x_2 \in \mathbb{R}^{n_2}$  este starea generatorului de semnale externe,  $u \in \mathbb{R}^m$  este mărimea de comandă,  $y \in \mathbb{R}^p$  este eroarea măsurată,  $z \in \mathbb{R}^q$  eroarea de calitate, iar matricile  $A_1, A_2, A_3, C_1, C_2, D_1, D_2$  sînt de dimensiuni corespunzătoare. P.r. se formulează în contextul unei „clase precizate de semnale externe (perturbații, referințe) sistemului” specificate prin alegerea lui  $A_2$ ; de ex., dacă  $A_2 = 0 \in \mathbb{R}^{1 \times 1}$  atunci  $x_2(t) = C = x_2(0) \in \mathbb{R}^1$  adică semnalele externe sînt reprezentate de clasa mărimilor treaptă de amplitudine  $x_2(0)$  aleasă prin alegerea acestei condiții inițiale; dacă

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ atunci cum } \dot{x}_2^1(t) = x_2^2(t) \text{ și } \dot{x}_2^2(t) = 0 \text{ se obține } x_2^2(t) = C_2 =$$



$= x_2^2(0)$ , iar  $x_2^1(t) = C_2 t + C_1 = x_2^2(0)t + x_2^1(0)$  deci se generează clasa semnalelor de tip rampă etc. O a doua observație este aceea că  $z_{ref}$  reprezintă „programul” de conducere pentru mărimea de calitate  $\tilde{z}$  care însă, nefiind măsurabilă direct, cere ca realizarea dezideratului (2) să se facă impunând mărimea de referință  $y_{ref}$ , pentru mărimea măsurată  $\tilde{y}$ , care „copiază” programul lui  $z_{ref}$ . Și, în sfârșit, este de menționat că legea de comandă (1) apelează direct la variabilele de stare  $x_1, x_2$  și în majoritatea cazurilor (cel puțin  $x_1$ ) acestea nu sînt măsurabile și deci (1) nu poate fi implementată; ca urmare formularea dată pînă în prezent nu are pretenția unei realizări fizice și se desemnează mai concret cu denumirea de „problema primară a reglării (PPR)”. Soluționarea PPR este posibilă dacă și numai dacă

$$\mathfrak{X}^+(A) \subset \langle A | \text{Im } B \rangle + \mathfrak{Y}^* \quad (4)$$

unde  $\mathfrak{X}^+(A) = \ker \mu^+(A)$  cu  $\mu(s) = \bar{\mu}(s) \mu^+(s)$  polinomul minimal al matricii  $A$  descompus după rădăcinile din  $\mathfrak{C}^- = \{s/\text{Re } s < 0\}$  și din  $\mathfrak{C}^+ = \{s/\text{Re } s \geq 0\}$ ,  $\langle A | \text{Im } B \rangle$  este subspațiul controlabil al perechii  $(A, B)$  iar  $\mathfrak{Y}^* = \sup_{\Delta} I(A, B; \ker D)$  este cel mai mare subspațiu  $(A, B)$  — invariant conținut în nucleul lui  $D = [D_1 D_2]$  și unde

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & A_3 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Considerînd, pentru sistemul (3), compensatorul

$$\dot{x}_c = A_c x_c + B_c y; \quad x_c \in \mathbb{R}^{n_c} \quad (6)$$

$$u = F_c x_c + G_c y$$

și uzînd de notațiile (5) rezultă că sistemul obținut din (3) și (6) este descris de ecuațiile:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{x}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A + BG_c C & BF_c \\ B_c C & A_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ x_c \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$z = [D \quad 0] \begin{bmatrix} x \\ x_c \end{bmatrix}$$

p.r. formulîndu-se astfel: să se determine compensatorul ( $u_c, A_c, B_c, F_c, G_c$ ) astfel încît să se îndeplinească condiția de reglare (2) pentru orice inițializare  $\begin{bmatrix} x(0) \\ x_c(0) \end{bmatrix}$ ; în acest caz compensatorul (6) se numește regulator. În caz general, cînd perechea  $(C, A)$  nu este detectabilă, punînd

$$\mathfrak{U} = \bigcap_{i \geq 0} \ker CA^i \quad (8)$$

subspațiul neobservabil al perechii  $(C, A)$ , stările nedetectabile sînt date de

$$\tilde{\mathfrak{X}} = \mathfrak{U} \cap \mathfrak{X}^+(A) \quad (9)$$



și față de  $\tilde{\mathfrak{X}}$ , cu descompunerea  $\mathbb{R}^n = \tilde{\mathfrak{X}} \oplus \tilde{\mathfrak{X}}$  se obține realizarea echivalentă  $(\hat{A}, \hat{B}, \hat{C}, \hat{D})$  având structura din  $\rightarrow$  teorema de descompunere observabilă:

$$\begin{aligned}\hat{A} &= \begin{bmatrix} \bar{A} & 0 \\ M & \tilde{A} \end{bmatrix} \dim \tilde{\mathfrak{X}}, & \hat{B} &= \begin{bmatrix} \bar{B} \\ \tilde{B} \end{bmatrix} \\ \hat{C} &= [\bar{C} \quad 0] & & \\ \hat{D} &= [\bar{D} \quad \tilde{D}] & & \end{aligned} \quad (10)$$

Cu aceste observații, se poate enunța rezultatul fundamental: p.r. are o soluție dacă și numai dacă  $\tilde{\mathfrak{X}} \subset \ker D$  și PPR formulată pentru  $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{D})$  din (10) are o soluție. În sistemul (7) ținând cont de (5), se poate evidenția un sistem în

circuit închis, caracterizat de starea  $x_R = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_c \end{bmatrix}$  și care este descris de

$$\begin{aligned}\dot{x}_R &= A_R x_R + B_R x_2 \\ \dot{x}_2 &= A_2 x_2\end{aligned} \quad (11)$$

$$z = D_R x_R + D_2 x_2$$

$$A_R = \begin{bmatrix} A_1 + B_1 G_c C_1 & B_1 F_c \\ B_c C_1 & A_c \end{bmatrix}, \quad B_R = \begin{bmatrix} A_3 + B_1 G_c C_2 \\ B_c C_2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$D_R = [D_1 \quad 0]$$

Dacă în plus față de condiția de reglare (2) se impune și stabilitatea internă a sistemului în circuit închis caracterizat de starea,  $x_R$ , adică

$$\sigma(A_R) \subset \mathbb{C}^- \quad (13)$$

se obține problema reglării intern stabile (PRIS). Presupunind că  $(C, A)$  este o pereche detectabilă, atunci PRIS are o soluție (numită „regulator intern stabil”) dacă și numai dacă perechea  $(A_1, B_1)$  este stabilizabilă și există matricile  $V$  și  $W$  astfel încît să fie satisfăcute  $\rightarrow$  ecuațiile reglării

$$\begin{aligned}A_1 V - V A_2 + B_1 W + A_3 &= 0, & W &= F_1 V + F_2 \\ D_1 V + D_2 &= 0.\end{aligned} \quad (14)$$

O soluție a PRIS se numește structural stabilă într-un punct parametric  $p \in \mathbb{R}^n$  (ce are drept coordonate, elementele matricilor  $A_1, A_3, B_1, A_c, B_c, F_c, G_c$ ) dacă proprietățile (2) și (13) se mențin într-o vecinătate deschisă a lui  $p$ . Cu această definiție se poate formula problema reglării structural stabile (PRSS): să se determine o soluție a PRIS care să fie structural stabilă într-un punct parametric  $p$  în care soluția este definită. Pe scurt, PRSS are o soluție (numită „regulator structural stabil”) dacă și numai dacă: tripletul  $(A_1, B_1, C_1)$  este stabilizabil și detectabil, matricea  $[D_1 \quad D_2]$  este deductibilă din  $[C_1 \quad C_2]$  și

$$\text{rang} \begin{bmatrix} A_1 - \lambda I_{n_1} & B_1 \\ D_1 & 0 \end{bmatrix} = n_1 + q, \quad \forall \lambda_i \in \sigma(A_2) \quad (15)$$



Concluzia importantă ce se reține este aceea că pentru ca PRSS să aibă o soluție trebuie ca regulatorul să conțină un „model intern al semnelor exogene” și care trebuie să fie activat de eroare.

proces, succesiune de transformări ce caracterizează diverse obiecte sau fenomene în desfășurarea lor spațial-temporală. O definiție mai riguroasă se poate face cu referire la noțiunea de p. fizic la nivel termodinamic prin care se înțelege „tranziția unui sistem termodinamic dintr-o stare termodinamică în alta”. În general, orice p. fizic implică transferuri de energie și de masă. Din punctul de vedere al automatizării interesează p. fizice care au loc în instalațiile industriale, denumite de regulă p. tehnologice. Obiectul automatizării îl constituie conducerea, fără intervenția directă a unui operator uman ( $\rightarrow$  automatizare) a transferurilor de energie și masă caracteristice unui p. tehnologic în vederea satisfacerii unui anumit criteriu de calitate. Sub o formă foarte generală, dar utilă pentru abordarea sistemică, un p. tehnologic poate fi reprezentat schematic ca în fig. P.3. în care prin  $W_i$  și  $W_e$  s-au notat „debitele” de

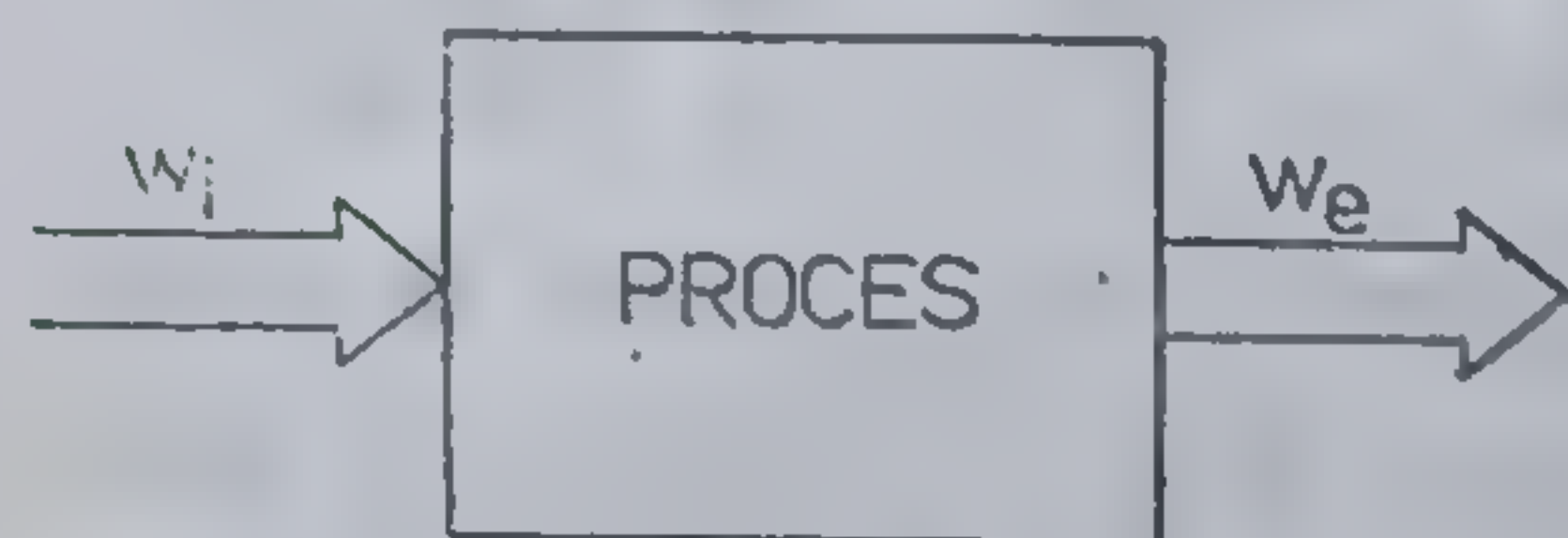


Fig. P.3. Reprezentarea schematică a unui proces tehnologic.

materii prime și energie utilizate în proces, respectiv cele de „produse finite” exprimate prin echivalențe deduse din raportarea la aceleași unități de măsură. Descrierea p. tehnologice se poate efectua pe baza relațiilor de bilanț între  $W_i$  și  $W_e$ . Dacă o asemenea relație, neglijând evidențierea „pierderilor” se poate exprima formal prin

$$W_i - W_e = 0 \quad (1)$$

rezultă un regim de echilibru denumit și regim staționar. Dacă

$$W_i - W_e \neq 0$$

p. se află într-un regim de dezechilibru sau regim dinamic, adesea denumit și tranzitoriu în ideea restabilirii echilibrului. Închiderea bilanțului în acest caz se face prin variația unui set de mărimi unic determinate care descriu fenomenele de acumulare corespunzătoare p. și care poartă denumirea de mărimi de stare. Considerînd, pentru simplitate, situația în care intervine o singură mărime de stare  $x$  se poate scrie

$$\dot{x} = W_i - W_e \quad (3)$$

unde  $\dot{x} = dx/dt$

Este de remarcă că pentru  $W_i - W_e = \text{ct.}$  fenomenele de acumulare ar continua la nesfârșit, nepermițînd restabilirea echilibrului. Ținînd cont de proprietatea cunoscută de autoechilibrare a p., rezultă necesitatea modificării relației (3) la formă

$$\dot{x} = ax + W_i - W_e \quad a < 0 \quad (4)$$

Din (4) se poate deduce că regimului staționar îi corespunde ecuația

$$W_i = W_e - ax \quad (5)$$



din care rezultă că un anumit debit de produse finite  $W_e$  poate proveni din prelucrarea unor debite diferite de materii prime și energie, dacă nivelele de acumulare sînt diferite. Pe de altă parte se impune ca obținerea debitului de produse finite  $W_e$  să se facă menținînd mărimea de stare  $x$  la o anumită valoare prescrisă sau nominală  $x_n$ . Astfel, relația finală de regim staționar este

$$W_i = W_e - ax_n \quad (6)$$

prin care se explicitază că producerea debitului de produse finite  $W_e$  are loc în condițiile desfășurării p. la parametri nominali. Relația (6) pune în evidență proprietatea de calitate în sensul că produsele finite cerute  $W_e$  sînt furnizate avînd anumite calități exprimate prin  $x = x_n$ . Regimul dinamic poate apare datorită caracterului perturbator al variațiilor debitului de produse  $W_e$  avînd drept consecință abateri de la echilibrul staționar descris de relația (6). Pentru revenirea p. la un regim staționar, care să corespundă și proprietății de calitate ( $x = x_n$ ), este necesară o modificare adecvată a debitului de materii prime și energie  $W_i$  (univoc determinat de (6)). Reprezentarea sistemică a regimului dinamic necesită introducerea unor mărimi specifice  $\rightarrow$  sistemelor dinamice. Astfel modificarea debitului primar  $W_i$  se realizează prin intermediul mărimii de comandă  $u$ , ceea ce conduce la exprimarea sub forma

$$W_i = b \cdot u \quad (7)$$

Efectul perturbator provocat de variațiile debitului  $W_e$  se evidențiază scriînd

$$W_e = -e \cdot v \quad (8)$$

unde  $v$  este mărimea perturbatoare considerată de semn invers lui  $W_e$ , pentru a evidenția faptul că pentru compensarea efectelor sale mărimea de comandă trebuie să acționeze în sens opus. Avînd în vedere că mărimea de stare  $x$  descrie proprietatea de calitate se poate defini mărimea de calitate  $z$  sub forma

$$z = d \cdot x \quad (9)$$

cu valoarea nominală  $z_n$ . În relațiile (7), (8), (9),  $b$ ,  $e$  și  $d$  sînt factori de proporționalitate utili pentru reprezentări mai generale. Deoarece nu totdeauna este posibilă observarea directă a îndeplinirii dezideratului de calitate  $z = z_n$ , apare necesitatea măsurării unor mărimi accesibile care să reflecte proprietatea de calitate. Se introduce astfel mărimea măsurată  $y$ , direct dependentă de starea  $x$

$$y = c \cdot x \quad (10)$$

unde  $c$  este, de asemenea, un factor de proporționalitate. Combinînd relațiile precedente rezultă

$$\begin{aligned} \dot{x} &= ax + bu + ev \quad (a < 0) \\ y &= c x \end{aligned} \quad (11)$$

$$z = dx$$



Ansamblul relațiilor (11) constituie o reprezentare sistemică elementară pentru procesul considerat, schema corespunzătoare fiind prezentată în fig. P.4. Pentru interpretarea sistemică a  $p$ , obținută urmărind în principal un scop metodologic, au fost admise ipoteze simplificatoare, relațiile introduse fiind

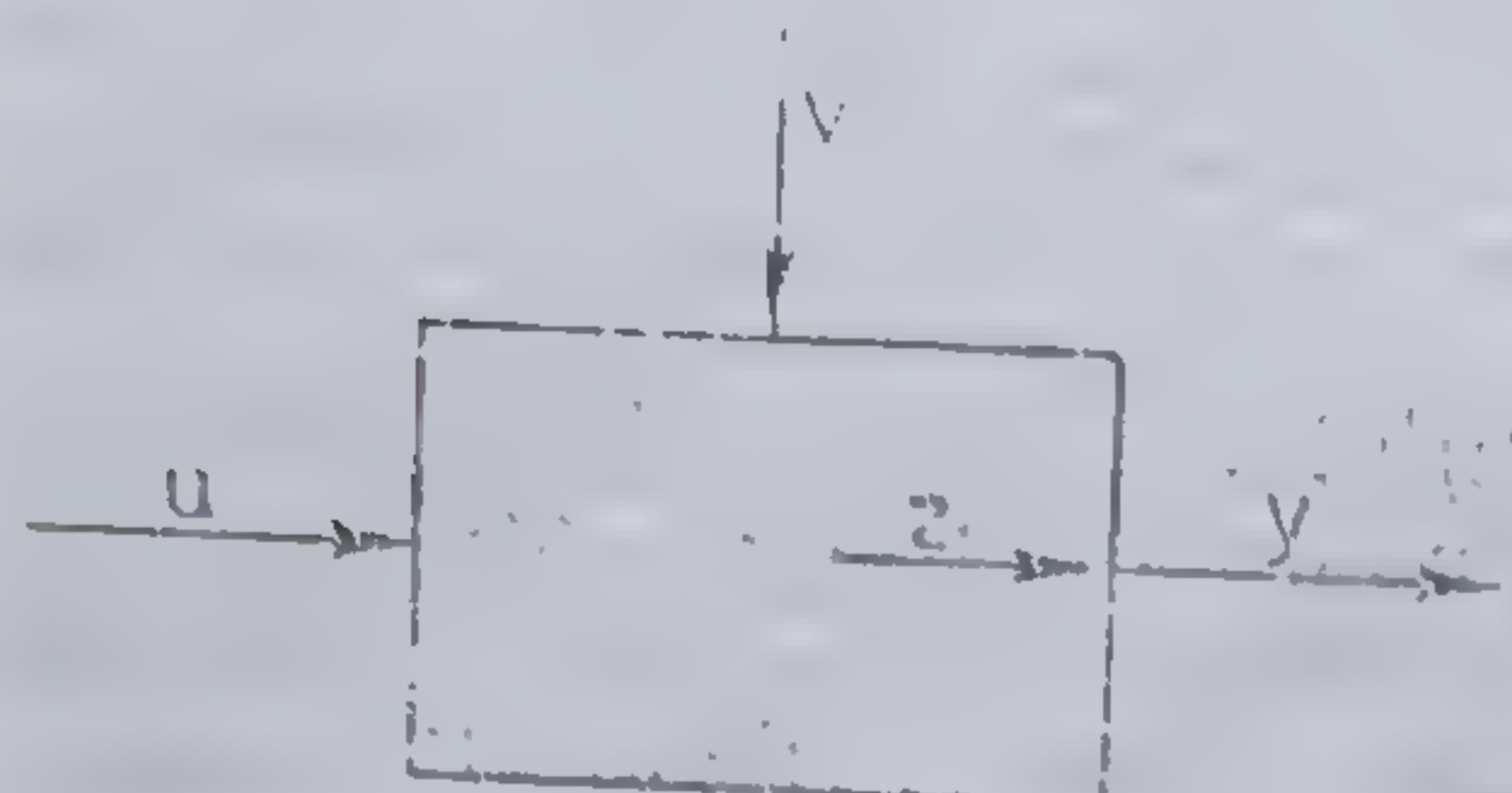


Fig. P.4. Reprezentarea sistemică elementară a unui proces.

considerate liniare și fenomenele de acumulare considerate că au loc în mod concentrat. Dacă astfel de ipoteze nu pot fi admise descrierea sistemică a proceselor face apel la reprezentările proprii sistemelor neliniare, respectiv celor cu parametri distribuiți. Pe de altă parte se poate observa că în cazul păstrării liniarității și concentrării acumulării generalizarea dimensională a ecuațiilor (11) este imediată, rezultând

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu + Ev \\ y &= Cx \\ z &= Dx \end{aligned} \quad (12)$$

relații similare celor deduse pentru → sistemele dinamice liniare, unde  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $u$ ,  $v$  sînt vectori iar  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$  sînt matrici.

**procesor**, program de calcul (elaborat într-un limbaj specializat pentru programarea automată a mașinilor unelte) pe baza căruia un calculator universal prelucrează datele dintr-un program-piesă și furnizează pe baza lor lista de date de ieșire  $p$ . Rezultatele furnizate de  $p$  sînt independente de caracteristicile mașinii-unelte pe care se va executa piesa programată.

**produs direct al automatelor**, automat  $A = A_1 \times A_2 = (U, x, y, \varphi, \eta)$  care se obține din compunerea a două automate  $A_1 = [U_1, X_1, y_1, \varphi_1, \eta_1]$  și  $A = [U_2, X_2, y_2, \varphi_2, \eta_2]$ , care au același alfabet de intrare  $U_1 = U_2 = U$ . Fiecare stare  $x \in X = x_1 \times x_2$  a automatului este o compunere a două stări, una din automatul  $A_1$ , alta din automatul  $A_2$ , după relația  $\varphi((x_1, x_2), u) = (\varphi_1(x_1, u), \varphi_2(x_2, u))$  iar fiecare ieșire  $y \in Y = y_1 \times y_2$  este o compunere a două stări, una din automatul  $A_1$  și alta din automatul  $A_2$ , după relația  $\eta((x_1, x_2), u) = (\eta_1(x_1, u), \eta_2(x_2, u))$ .

**program**, modalitate de reprezentare a unui algoritm, matematic sau de altă natură, într-un limbaj de programare. De regulă  $p$  au o structură modulară, fiecare modul asigurînd o anumită funcție, bine precizată în cadrul sistemului de  $p$ . Dintre numeroasele tipuri de  $p$  se enumeră cele cu relevanță pentru automatizată și conducerea proceselor:  $p$  de aplicații, avînd drept obiectiv soluționarea unor probleme legate de specificul procesului condus,  $p$  de bază, cu care sînt dotate sistemele de conducere pentru asigurarea unor funcții general utilizabile în conducerea oricăror procese industriale (cum ar fi  $p$  de efectuare a operațiilor aritmetice, de evaluare a valorilor unei funcții, de realizare a comunicației cu periferice generale sau cu alte sisteme de conducere, de tratare a întreruperilor, de asigurare a temporizărilor fixe sau variabile etc.);  $p$  de test, sistem de  $p$  destinat testării bunei funcționări a unui sistem de conducere;  $p$  de test pot fi de tipul off-line, utilizate



la testarea sistemului înainte de punerea în funcțiune sau după efectuarea unei operații majore de întreținere și reparații, sau on-line, utilizate la testarea permanentă a sistemului de conducere în funcțiune. În acest al doilea caz, p. de test constituie o activitate de fundal, cu prioritate mică în cadrul sistemului, și sunt rulate complet pe durata mai multor cicluri de funcționare a sistemului de conducere ( $\rightarrow$  testare). În funcție de limbajul de programare utilizat, p. pot fi scrise în limbaje de nivel înalt sau în limbaje de nivel inferior ( $\rightarrow$  limbaj); p. sursă, scris în limbaj de nivel înalt sau coborât, dar necorespunzător încă execuției propriu-zise; p. obiect rezultat din compilarea ( $\rightarrow$  compilare,  $\rightarrow$  compilator) sau asamblarea ( $\rightarrow$  asamblor) sa într-o formă imediat (sau aproape imediat, după efectuarea legăturilor cu alte module) executabilă de către mașină.

program mașină, transcrierea codificată a programului piesă de purtătorul de informații acceptat de echipamentul de comandă al mașinii-unelte în codul și formatul adecvate acestui echipament, în scopul asigurării rîndemenței mașinii-unelte.

program piesă, ansamblu organizat de instrucțiuni conținând informațiile din fișa tehnologică de programare, prelucrate și transmise într-un limbaj specializat, în vederea obținerii programului-mașină.

programare, ansamblu de operații avînd ca scop transpunerea în formă de program a unui algoritm matematic ( $\rightarrow$  programare dinamică,  $\rightarrow$  programare matematică) sau de altă natură. Activitatea de p. presupune elaborarea specificației funcționale a sistemului de programe, elaborarea programelor propriu-zise, testarea acestora, implementarea pe sistemul de conducere, documentarea și eventual întreținerea.

programare absolută (a mașinilor cu comandă numerică), programare în care dimensiunile geometrice sînt exprimate prin distanțe față de originea axelor de coordonate.

programare automată a mașinilor unelte, procedură de elaborare a programului pentru prelucrarea pieselor pe mașini-unelte cu comandă numerică utilizînd limbaje simbolice specializate, care permit să se definească geometria și tehnologia pieselor și să precizeze traiectoriile și condițiile de deplasare ale organelor mobile. Aceste limbaje sînt de două tipuri: a) cu filieră discontinuă, care necesită două programe tip: procesor ( $\rightarrow$  procesor) și post-procesor ( $\rightarrow$  post-procesor); b) cu filieră continuă (monobloc). Din prima categorie, primul limbaj de programare automată a fost APT (Automatic Programming Tools), (S.U.A.), pe baza căruia s-au elaborat mai multe limbaje diferențiate în special prin raportul dintre posibilitățile de definiție geometrice și cele tehnologice, dintre care cele mai importante sînt ADAPT (S.U.A.), EXAPT (R. F. Germania), IFAPT (Franța). Din limbajele aparținînd celei de a doua categorii, mai cunoscut este SPLIT (Marea Britanie). La noi în țară se utilizează limbaje de filieră discontinuă, de tip ADAPT sau IFAPT, ultimul fiind compatibil cu calculatorul FELIX-256 K.

programare dinamică, metodă de rezolvare a problemelor de  $\rightarrow$  optimizare a sistemelor dinamice, bazate pe aplicarea directă a principiului optimalității, care afirmă că orice segment final al unui proces de conducere optimal constituie el însuși un proces de conducere optimal. În cazul sistemelor dinamice discrete denumirea uzuală este de p.d. discretă și se exprimă prin ecuația lui Bellman, sau ecuația p.d. discrete:

$$V(t, x) = \min_{v \in U(t)} \{L(t, x, v) + V(t+1, f(t, x, v))\} \quad (1)$$



caracterizată prin următoarele elemente:

a) sistemul dinamic discret (neliniar)

$$x(t+1) = f(t, x(t), u(t)), \quad x(t_0) = x_0, \quad t \in \mathbb{Z} \quad (2)$$

și în care asupra vectorului de comandă  $u(t)$ , la fiecare moment de timp discret  $t \geq t_0$ , se impun restricții de forma:

$$u(t) \in \mathcal{U}(t) \quad (3)$$

unde  $\mathcal{U}(t) \in \mathbb{R}^m$  sînt submulțimi precizate, ce pot fi variabile în timp, ale spațiului de comandă  $\mathbb{R}^m$ . Un șir de comandă  $u(t) : t \rightarrow \mathbb{R}^m$  se numește șir de comandă admisibil dacă și numai dacă  $u(t) \in \mathcal{U}(t)$ ,  $\forall t \geq t_0$ ; b) evoluției sistemului (1) pe intervalul  $[t_0, t_f]$  i se asigură indicele de performanță

$$I_0 = \sum_{t=t_0}^{t_f-1} L(t, x(t), u(t)) + M(x(t_f)) \quad (4)$$

Cum această evoluție, pentru faza  $(x_0, t_0)$  arbitrară, dar fixată, și un șir de comandă admisibil precizat  $u(\cdot)$ , este descrisă de

$$x(t) = \varphi(t; t_0, x_0, u(\cdot)), \quad t \geq t_0$$

rezultă imediat că

$$I_0 = I(t_0, x_0, u(\cdot)) \quad (5)$$

Similar, pentru un segment final al traiectoriei, avînd ca fază inițială  $(t, x) = (t, \varphi(t; t_0, x_0, u(\cdot)))$  se poate scrie că traiectoria este

$$x(s) = \varphi(s; t, x, u(\cdot)), \quad s \geq t \quad (6)$$

iar indicele de performanță va fi

$$I(t) = \sum_{s=t}^{t_f-1} L(s, x(s), u(s)) + M(x(t_f)) \quad (7)$$

unde  $u(s) \in \mathcal{U}(s)$  și ținînd cont de ecuația (6) rezultă:

$$I(t) = I(t, x, u(\cdot))$$

unde  $u(\cdot)$  denotă șirul de comenzi admisibil  $u(t), u(t+1), \dots, u(t_f-1)$ ; c) față de cele prezentate, se notează

$$V(t, x) = \min_{\substack{u(s) \in \mathcal{U}(s) \\ t \leq s \leq t_f-1}} \{I(t, x, u(\cdot))\} \quad (8)$$

desemnînd indicele de performanță minim, asociat problemei de conducere optimă discretă (cu timp final fixat). Dacă indicele de performanță minim  $V$  este cunoscut, legea de comandă optimă  $u(t)$ , în circuit închis, se poate determina efectuînd operația de minimizare din (1) și deci

$$u(t) = k(t, x(t)) = \arg \min_{v \in \mathcal{U}(t)} \{L(t, x(t), v) + V(t+1, f(t, x(t), v))\} \quad (9)$$



și ea determină, împreună cu ecuațiile sistemului, procesul de conducere optimă. În cazul sistemelor dinamice continue se utilizează noțiunea de p.d. continuă; problema de conducere optimă în cazul continuu se formulează specificându-se

a) sistemul dinamic continuu

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)), \quad t \in \mathbb{R} \quad (10)$$

și fază inițială  $(t_0, x(t_0)) = (t_0; x_0)$ ;

b) mulțimea funcțiilor de comandă admisibile, ce satisfac restricțiile  $u(t) \in \mathcal{U}(t)$  cu  $\mathcal{U}(t)$  submulțimi precizate ale spațiului comenzilor  $\mathbb{R}^m$ ;

c) mulțimea țintă  $\mathcal{S} \subset \{t: t \geq t_0\} \times \mathbb{R}^n$ , adică o submulțime din spațiul de fază  $T \times \mathbb{R}^n$  în care trebuie să ajungă traiectoria de fază a sistemului (10);

d) indicele de performanță (calitate)

$$I_0 = \int_{t_0}^{\tau} L(t, x(t), u(t)) dt + M(\tau, x(\tau)) \quad (11)$$

unde  $\tau$  este momentul de transfer în  $\mathcal{S}$  a sistemului (10) sub acțiunea comenzii  $u(\cdot)$ , iar  $L$  și  $M$  sînt funcții scalare precizate, în general, neliniare. Se cere să se determine o funcție de comandă admisibilă  $u(\cdot)$  care să transfere faza  $(t_0, x_0)$  în  $\mathcal{S}$  și să minimizeze indicele de performanță (11) atașat sistemului (10). Această comandă se numește *funcția de comandă optimă*, iar procesul de conducere  $(x(t), u(t))$ ,  $t_0 \leq t \leq \tau$  în care  $u(\cdot)$  este funcția de comandă optimă se numește *proces (de conducere) optimă*. Soluția problemei de conducere optimă formulată anterior, în cadrul p.d. continue este reprezentată de ecuația Hamilton-Jacobi-Bellman, sau ecuația programării continue

$$\frac{\partial V(x, t)}{\partial t} = \min_{v \in U(t)} \{L(t, x, v) + \nabla^T V(t, x) \cdot f(t, x, v)\} \quad (12)$$

în care

$$V(t, x) = \min_{\substack{u(s) \in U(s) \\ t \leq s \leq \tau}} \{J(t, x, u(\cdot))\} \quad (13)$$

este funcția de cost minim asociată problemei de conducere optimă, deoarece

$$I(t) = \int_t^{\tau} L(s, x(s), u(s)) ds + M(\tau, x(\tau)) = T(t, x, u(\cdot)) \quad (14)$$

reprezintă indicele de performanță (de cost) pe segmentul  $[t, \tau]$  al conducerii optime, sub acțiunea comenzii  $u(\cdot)$ , iar  $\nabla V(t, x)$  este  $\rightarrow$  gradientul funcției  $V$  (în raport cu  $x$ ). Legea de comandă optimă în circuit închis se poate determina prin minimizarea indicată de (12) și este sub forma

$$u(t) = k(t, x(t)) = \arg \min_{v \in \mathcal{U}(t)} \{L(t, x(t), v) + \nabla^T V(t, x(t)) f(t, x(t), v)\} \quad (15)$$



dar, toate considerațiile făcute sînt adevărate numai dacă  $V$  este continuu derivabilă în raport cu perechea  $(t, x)$  și, de asemenea, dacă minimumul din membrul drept al ecuației (14) există și se atinge într-un singur punct.

**programare incrementală** (a mașinilor unelte cu comandă numerică,) programare în care dimensiunile geometrice sînt exprimate prin distanța față de poziția precedentă.

**programare manuală a piesei**, elaborarea programului piesă pe baza fișei tehnologice de programare, utilizînd numai operații manuale (fără ajutorul unui calculator); astfel elaborat, programul piesă poate fi transcris direct, sub formă de program mașină, pe purtătorul de informații acceptat de echipamentul mașinii unelte.

**programare matematică**, metodă de soluționare a problemei minimizării unei funcții reale de  $n$  variabile, definită pe submulțimea  $\mathcal{X}$  a spațiului euclidian  $\mathbb{R}^n$ . Ca urmare, p.m. revine la determinarea vectorului  $x^* \in \mathcal{X}$  astfel încît

$$f(x^*) \stackrel{\Delta}{=} \min_{x \in \mathcal{X}} f(x) \leq f(x), \quad \forall x \in \mathcal{X}$$

Submulțimea  $\mathcal{X} \subset \mathbb{R}^n$  constituie mulțimea restricțiilor, iar funcția  $f: \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}$  reprezintă funcția obiectiv (funcția de cost, indicele de calitate atașat problemei de p.m.). În cazul în care  $\mathcal{X} = \mathbb{R}^n$ , p.m. este fără restricții, iar dacă  $\mathcal{X} \subset \mathbb{R}^n$  este cazul unei probleme de p.m. cu restricții. Rezolvarea analitică a unei probleme de p.m. este în general dificilă deoarece funcția obiectiv și restricțiile sînt de forme complicate și de aceea în practică o astfel de problemă se rezolvă prin metode iterative, a căror esență constă în construcția unui șir minimizant de puncte  $x_k \in \mathcal{X}$ ,  $k \geq 0$  convergent către  $x^*$ , soluția problemei de p.m. La o problemă de p.m. se reduce și cazul optimizării într-un pas al sistemelor dinamice discrete ( $\rightarrow$  optimizare).

**proiectarea asistată de calculator**, metodă de elaborare a sistemelor complexe de conducere în cadrul căreia calculatorul joacă un rol important în ceea ce privește efectuarea de calcule, căutări, generări de baze de date etc., rolul major privind deciziile revenind proiectantului. P.a. de c. necesită un calculator cu un sistem de operare care să permită lucrul conversațional (din considerente de eficiență). Pentru elaborarea sistemelor de conducere p.a. de c. are drept scop realizarea sistemului de programe — pe baza unor module existente — și a bazei de date aferente, ce urmează a se implementa pe echipamentul ce se utilizează în conducere.

**proprietăți cauzale și anticauzale**, proprietăți ale unui sistem dinamic ce poartă amprenta modului în care se interpretează tranziția intrare-ieșire a informației: astfel, pentru a se putea realiza o factorizare a tranziției intrare-ieșire prin intermediul spațiului de stare  $\mathcal{X}$ , se consideră că aceasta se face conform fig. P.5. Proprietățile cauzale se asociază cu „tranziția cauzală” caracterizată prin: timpul prezent se notează cu  $\tau$  și reprezintă reperul de măsurare a timpului; comenzile (intrările) se desfășoară în exclusivitate pînă la momentul  $\tau$ , adică în „trecut”; ieșirea sistemului se consideră de la momentul  $\tau$  în „viitor”; starea sistemului în momentul aplicării comenzii ( $x(s)$ ) este zero. În acest sens, tranziția cauzală se reprezintă prin

$$u(\cdot) \rightarrow x(\tau) \rightarrow y(\cdot)$$

și proprietățile cauzale sînt  $\rightarrow$  accesibilitatea și  $\rightarrow$  observabilitatea. Dacă evoluția din fig. P.5 se consideră din punctul de vedere al „seurgerii inverse



a timpului" (de la dreapta la stînga) și ordinea de parcurgere a graficelor este de jos în sus, se poate considera succesiunea

$$y(.), x(\tau), u(.)$$

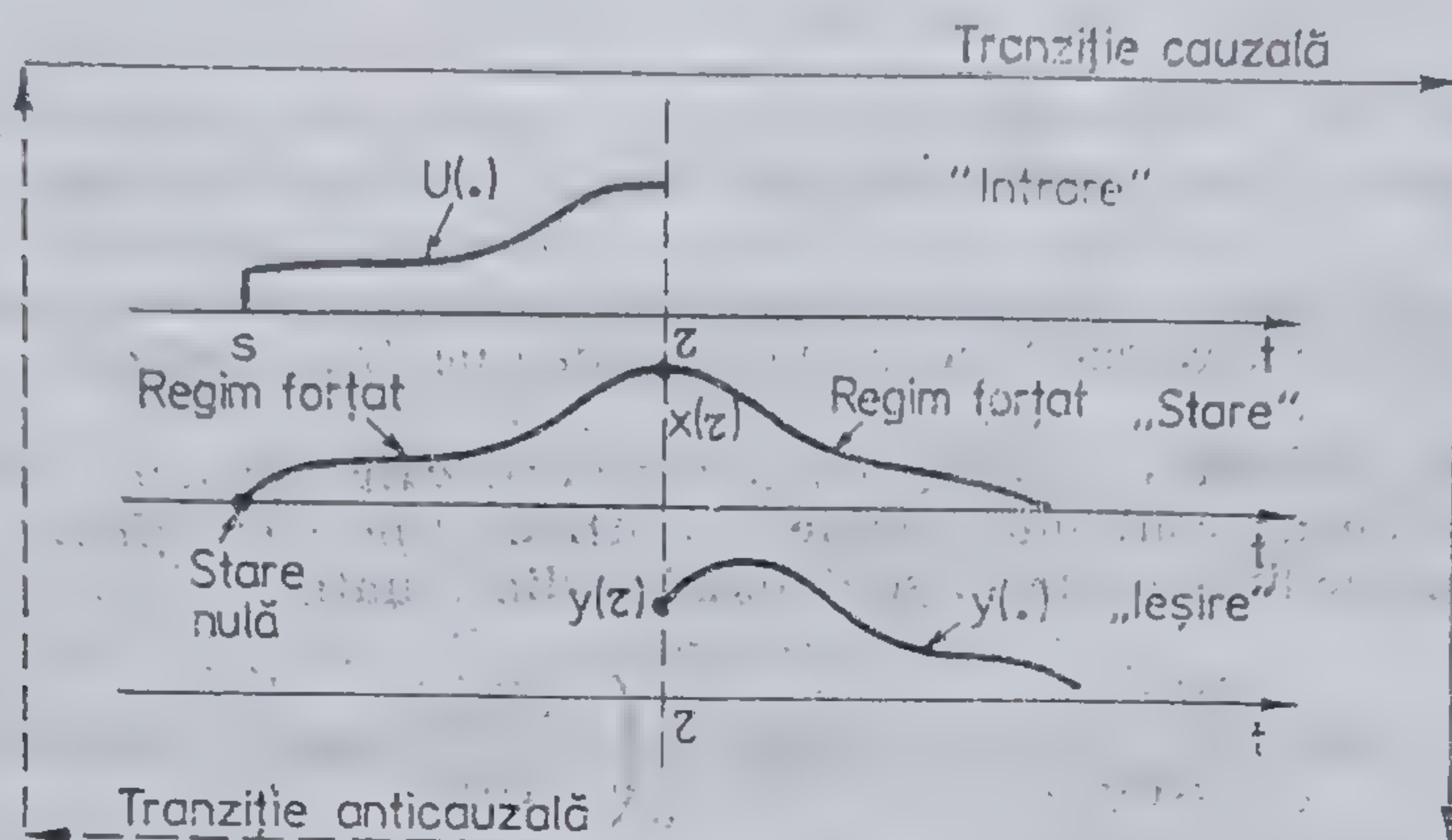


Fig. P.5. Exemplificarea factorizării tranziției intrare-ieșire.

adică o evoluție „în trecut” a ieșirii (ca regim liber) respectiv un transfer al stării  $x(\tau)$  în origine, efectuat în „viitor”. Acest mod de interpretare este caracterizat de proprietățile cauzale care sînt  $\rightarrow$  **controlabilitate** și  $\rightarrow$  **constructibilitate**. De remarcat că în cazul sistemelor continue (care sînt reversibile) și invariante (la care momentul inițial  $\tau$  nu este esențial) împărțirea în proprietăți cauzale și proprietăți anticauzale este pur formală.

**proprietăți de conexiune** (ale unui automat finit determinist), caracteristici specifice ale unui automat  $A = (U, X, Y, \phi, \eta)$ , reprezentate prin relațiile prezentate în tabelul P.1, în care  $U^*$  reprezintă mulțimea succesiunilor de simboluri la intrare, și anume: *semirestabilire*, dacă starea  $x$  la care se poate ajunge cu simbolul de intrare  $u$ , este accesibilă prin  $u$  de la cel puțin un succesor al lui  $u$ ; *restabilire*, dacă orice stare este accesibilă de la oricare din succesorii săi imediați; *predecesor unic*, dacă aplicațiile  $\{S_u\}_{u \in U}$  sînt injective; *surjecție*, dacă aplicațiile  $\{S_u\}_{u \in U}$  sînt surjective; *reversibilitate*, dacă fiecare aplicație  $S_u$  este inversabilă și inversa sa este o funcție  $S_p$  cu  $p \in U^*$ ; *tare conexiune*, dacă graful atașat automatului este tare conex și orice stare este accesibilă din oricare altă stare.

Proprietatea	Relațiile de reprezentare
Semirestabilire	$\forall u \in U, \forall x \in \phi(X, i), \exists p \in U^*, f(x, p) = x$
Restabilire	$\forall u \in U, \forall x \in X, \exists p \in U^*, f(x, ip) = x$
Predecesor unic	$\forall u \in U, \forall x_1, x_2 \in X, [\phi(x_1, i) = f(x_2, i) \rightarrow x_1 = x_2]$
Surjecție	$\forall u \in U, f(X, u) = X$
Reversibilitate	$\forall u \in U, \exists p \in U^*, \forall x \in X, \phi(x, ip) = x$
Tare conexiune	$\forall x_1, x_2 \in X, \exists p \in U^*, f(x_1, p) = x_2$



protocol, raport elaborat periodic sau la cerere de către sistemul de conducere și care conține date despre procesul condus sau chiar despre sistemul propriu-zis. De regulă, p., afișate pe display sau tipărite la imprimantă, înformează operatorul despre configurația sistemului, valori ale parametrilor de interes, valori ale unor parametri esențiali în cazuri de avarii ( $\rightarrow$  post-mortem).

protocol de comunicație, colecție de reguli care guvernează transferul de date într-o rețea, reguli ce asigură eficiența și corectitudinea transmiterii datelor de la un punct al rețelei la altul. Deși există numeroase recomandări pe plan național și internațional, p. de c. nu sînt complet standardizate, ceea ce face posibilă alegerea unei versiuni optime pentru o aplicație particulară dată.

pulsația de bandă, pulsația  $\omega_B > 0$  pentru care atenuarea introdusă de un sistem liniar, continuu este de  $-3$  dB în raport cu  $H(\omega)|_{\omega=0} = H(0)$ . Ca urmare, analitic, p. de b. se determină din ecuația.

$$20 \lg \frac{H(\omega_B)}{H(0)} = -3 \text{ [dB]}; \quad \left( \frac{H(\omega_B)}{H(0)} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707 \right)$$

dar în majoritatea cazurilor,  $\omega_B$  se determină grafic prin construcția din fig. P.6. Cu p. de b. astfel definită, un sistem liniar, continuu, se poate aproxima cu un filtru ideal trece-jos, avînd caracteristicile de frecvență  $\tilde{H}(\omega)$ ,  $\tilde{\varphi}(\omega)$  din fig. P.6, aproximare ce este utilă pentru evaluarea acoperitoare a performanțelor de timp tranzitoriu, timp de creștere, timp de întârziere.

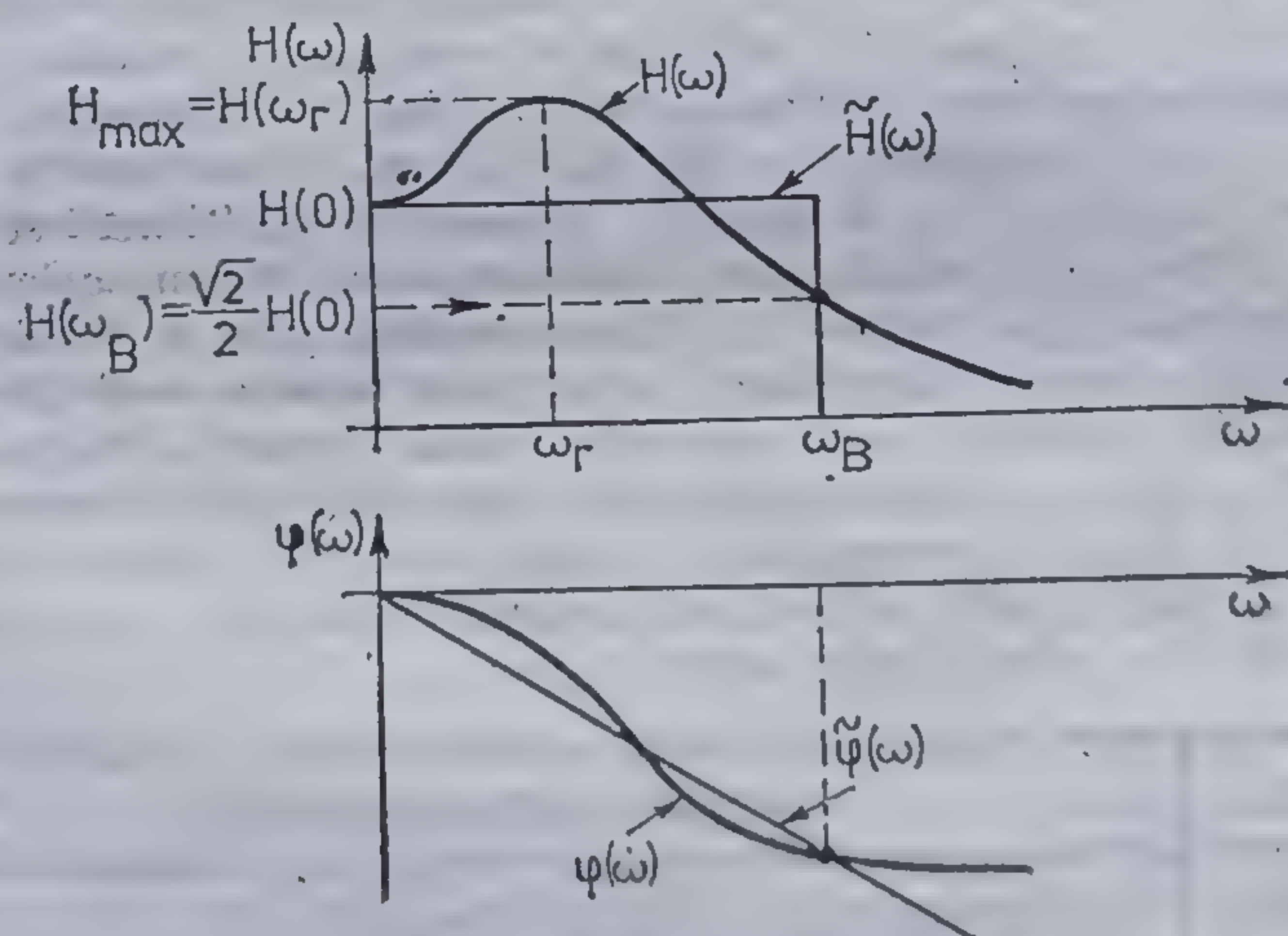


Fig. P.6. Evidențierea grafică a pulsației de bandă.

pulsația de fringere, pulsația  $\omega_c = \frac{A \cdot 1}{T}$  cu  $T \rightarrow$  constanta de timp a unui

sistem elementar de anticipare sau întârziere, față de care  $\rightarrow$  caracteristica logaritmică atenuare-pulsație se linearizează, obținându-se o caracteristică atenuare-pulsație asimptotică, ușor de trasat.

pulsație de rezonanță, pulsația  $\omega_r > 0$  pentru care  $H(\omega_r) = H_{max}$  (fig. P.6). Pe baza p. de r. și a valorii  $H_{max}$ , se poate deduce, aproximînd sistemul dat



cu un sistem de ordin II (aproximare valabilă în general, dacă  $\frac{H_{max}}{H(0)} \geq 1.5$ , dar acceptabilă și la valori mai mici), indicele de amortizare al răspunsului

$$\psi = 1 - e^{-2\pi(H_{max} - \sqrt{H_{max}^2 - 1})}$$

care constituie o performanță impusă în sinteza clasică a sistemelor automate liniare (cînd, evident, se va exprima în funcție de  $H_{0max}$ ). În multe cazuri raportul  $H_{max}/H(0)$  (respectiv  $H_{0max}/H_0(0)$  la sisteme automate) numit indice de oscilație a sistemului se utilizează direct ca o performanță deoarece caracterizează  $\rightarrow$  amortizarea răspunsului și *suprareglajul* sistemului respectiv punct singular, punct din spațiul de stare  $\mathcal{X}$  în care, pentru sistemul  $\dot{x} = f(x)$ , cîmpul de vectori  $f$  se anulează, adică

$$f(x) = 0 \quad (f_i(x) = 0, \quad i = \overline{1, n})$$

De remarcat că, într-un p.s., componentele cîmpului de vectori nu au nici un fel de singularitate, funcțiile  $f_i(x): i = \overline{1, n}$ , fiind presupuse continuu diferențiabile, dar într-o vecinătate a sa; direcția vectorului  $f(x)$  variază, în general, discontinuu. Cum punctele de echilibru ale unui sistem dinamic se identifică cu p.s. ale acestuia, problema determinării p.s. și a naturii acestora se justifică. Analiza comportării unui sistem, pe baza punctelor singulare și a naturii lor se aplică în special, la sistemele de ordin 2, la care se asociază imediat cu reprezentarea grafică a traiectoriilor de stare în vecinătatea p.s.

punte, circuit electric folosit pentru măsurări de rezistențe, inductivități și capacități. Cele mai frecvent utilizate sînt p. *Wheatstone* pentru măsurarea rezistențelor. P. *Wheatstone* cuprinde patru brațe alcătuite din rezistențe variabile  $R_1, R_2, R_3$  și rezistența de măsurat  $R_x$ . Într-una din diagonalele (AB) este conectată sursa de alimentare  $E$ , iar în cealaltă un detector de nul DN (de ex., un galvanometru de curent continuu (fig. P.7). Pentru

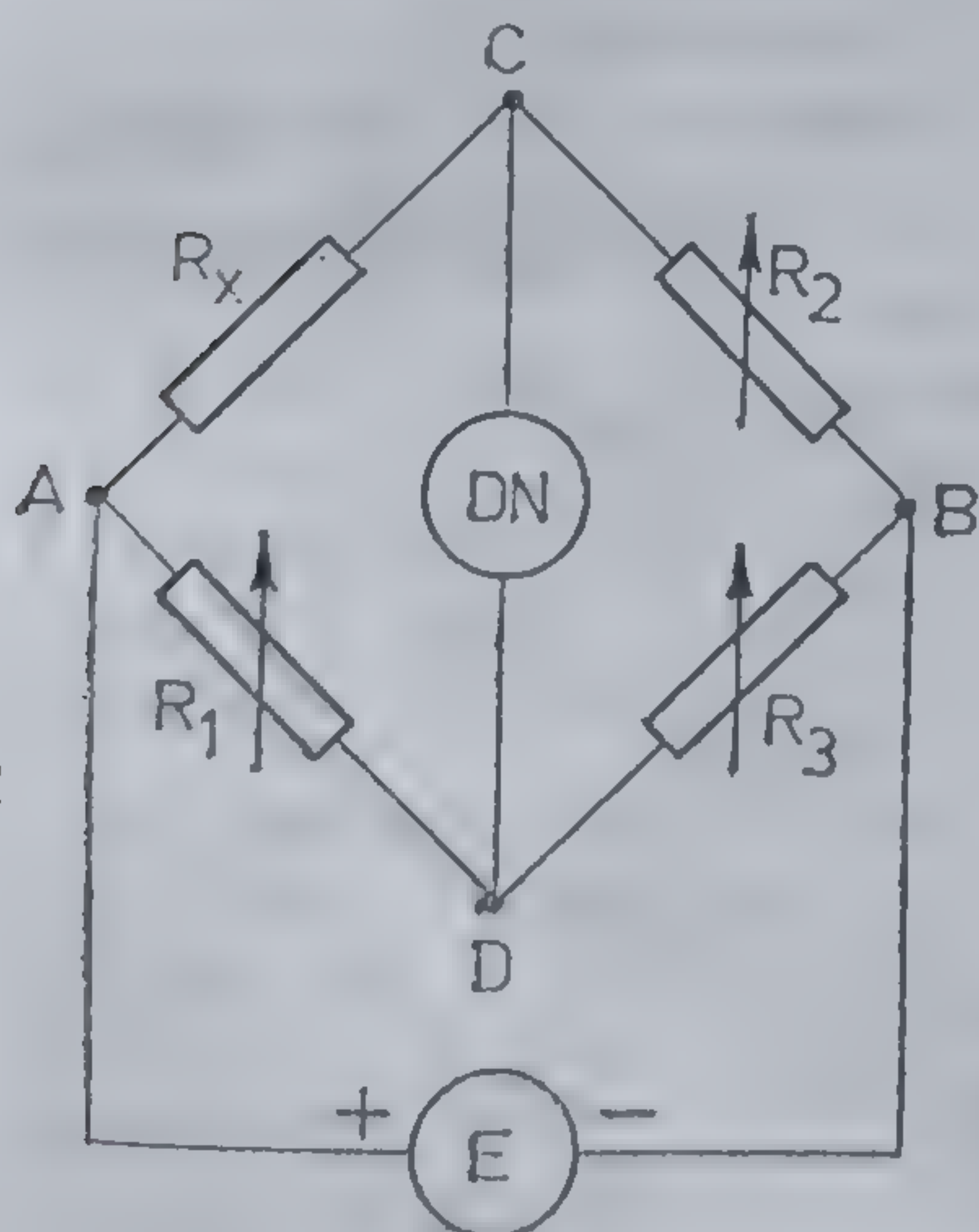


Fig. P.7. Schema electrică a punții Wheatstone.

anumite valori ale rezistențelor din brațele punții curentul prin diagonala de măsurare se anulează, rezultînd regimul echilibrat. Relația de echilibru permite determinarea valorii rezistenței  $R_x$  în funcție de celelalte rezistențe cunoscute  $R_x = (R_2/R_3)R_1$ . Echilibrarea se poate face manual sau automat folosind un circuit închis în cadrul căruia tensiunea de dezechilibru  $U_{CD}$  comandă un servomotor care variază rezistența  $R_1$  (de tip potențiometru) în sensul echilibrării p.P. cu echilibrare automată similare cu  $\rightarrow$  compensatoarele automate sînt folosite în structura înregistratoarelor. Anumite tipuri de traductoare utilizează ca circuite de măsurare p. *Wheatstone* funcționînd în regim dezechilibrat la care tensiunea  $U_{CD}$  constituie direct o măsură a abaterii rezistenței  $R_x$  față de valoarea de echilibru. Asemănător cu p. *Wheatstone* pentru rezis-



tențe există p. pentru inductanțe și capacități care sînt alimentate în curent alternativ și utilizează pentru măsurare detectoare de nul de curent alternativ. Cele mai cunoscute sînt p. *Maxwell, Wien-Robinson, Schering, Sauty* etc.

purtător de informație, suport fizic ce permite înregistrarea, stocarea și redarea datelor informaționale. Cele mai răspindite p.de i., în ordinea creșterii densității de informație stocate sînt: cartele perforate, bandă perforată, bandă magnetică, disc magnetic.



rangul unei  $(p \times m)$  — matrice polinomiale  $P(s)$ , numărul întreg  $r$  pentru care există un minor de ordin  $r$  nenul și toți ceilalți minori de ordin mai mare ca  $r$  sînt nuli; se notează  $\rho[P(s)] = r$  și este evident că  $\rho[P(s)] \leq \min(p, m)$ . Dacă  $r = m$  ( $r = p$ ) matricea  $P(s)$  se zice de rang maximal coloană (linie).

raport semnal-zgomot, indicator al efectului perturbator al zgomotului asupra unui semnal, într-un canal de comunicație. Un r.s.-z. scăzut indică o probabilitate crescută de apariție a erorilor.

răspuns indicial,  $\rightarrow$  răspunsul în timp al unui sistem la o mărime de intrare de tip treaptă. Pe r.i. se definesc performanțele tranzitorii (timp de creștere, timp de întârziere, suprareglaj, timp tranzitoriu).

răspuns în frecvență, dependența între pulsația  $\omega \geq 0$  și  $H(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = H(\omega) e^{j\varphi(\omega)} = H(s)/s=j\omega$ . Dacă mărimea de intrare a unui sistem liniar continuu, strict stabil, caracterizat de funcția de transfer

$$H(s) = \frac{R(s)}{P(s)} = k \frac{R(s)}{\prod_{i=1}^n (s - p_i)^{m_i}}$$

este semnalul armonic

$$\underline{u}(t) = \cos \omega t + j \sin \omega t = e^{j\omega t}; \quad \underline{u}(s) = \frac{1}{s - j\omega}$$

atunci mărimea de ieșire va fi

$$\underline{y}(s) = H(s)\underline{u}(s) = k \frac{R(s)}{\prod_{i=1}^n (s - p_i)^{m_i}} \cdot \frac{1}{s - j\omega} =$$

$$= \frac{H(j\omega)}{s - j\omega} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \frac{a_{ij}}{(s - p_i)^j} = y_s(s) + y_T(s)$$

adică

$$\underline{y}(t) = H(j\omega) e^{j\omega t} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij} \frac{t^{j-1}}{(j-1)!} e^{p_i t} = y_s(t) + y_T(t)$$



unde  $y_T(t) \rightarrow 0$ ,  $t \rightarrow \infty$ , deoarece  $p_i \in \mathbb{C}^-$ . Ca urmare, în regim stabilizat,  $H(j\omega)$ ,  $\omega \geq 0$  caracterizează acțiunea sistemului asupra unui semnal armonic de pulsație  $\omega \geq 0$ , ceea ce îndeplătește denumirea de r. în f. În mod similar, pentru un sistem liniar discret, strict stabil, caracterizat de funcția de transfer

$$H(z) = \frac{R(z)}{P(z)} = k \frac{R(z)}{\prod_{i=1}^n (z - p_i)^{m_i}}$$

a care mărimea de intrare este semnalul armonic discretizat

$u(k) = \cos \omega k h$  și  $\sin \omega k h$  în  $u(z) = \frac{z + e^{j\omega h}}{z^2 - 2 \cos \omega h z + 1}$  și  $u(z) = \frac{z - e^{j\omega h}}{z^2 - 2 \cos \omega h z + 1}$  respectiv. Se obține mărimea de ieșire

$$y(z) = H(z) u(z) = \frac{R(z)}{\prod_{i=1}^n (z - p_i)^{m_i}} \cdot \frac{z + e^{j\omega h}}{z^2 - 2 \cos \omega h z + 1}$$

adică

$$y(kh) = H(e^{j\omega h}) e^{j\omega kh} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} a_{ij} C_k^{(j-1)} p_i^{k-j-1} = y_s(kh) + y_T(kh)$$

Rezultă că la sistemele liniare discrete r. în f. este determinat de dependența dintre  $\omega \geq 0$  și  $H(e^{j\omega h}) = H(z)|_{z=e^{j\omega h}}$  și care reprezintă efectul unui sistem

discret, strict stabil, în regim stabilizat ( $y_T(kh) \rightarrow 0$ ) asupra unui semnal de intrare armonic de pulsație  $\omega$ .

**răspuns în timp**, mărimea de ieșire  $y(t)$ ,  $t \geq t_0$  a unui sistem și care depinde de mărimea de intrare, de condiția inițială și de sistemul respectiv.

**reacție**, element definitoriu al structurii de sistem automat, la care mărimea de comandă  $u$  se elaborează pe baza erorii  $\varepsilon = y_r - y$  dintre mărimea de referință  $y_r$  și mărimea măsurată  $y$ . Ca urmare în structura unui sistem automat este prezent comparatorul și conexiunea inversă de la ieșire (r). Efectele principale ale r.: desensibilizarea sistemului automat la perturbații ( $\rightarrow$  rejecția perturbațiilor) și la variația parametrilor din sistem precum și posibilitatea stabilizării sistemelor instabile, au făcut ca structura de sistem automat să fie structura cu r. (cu conexiune inversă).

**realizabilitate fizică**, condiție esențială pe care trebuie să o îndeplinească un model matematic abstract pentru a fi sistem, și anume să aibă drept corespondent un proces fizic realizat (sau realizabil). Condiția de r.f. impusă unui model matematic revine la condiția ca ordinul de derivare a mărimii de ieșire să fie mai mare strict decât ordinul de derivare a mărimii de intrare,

respectiv pe funcția de transfer  $H(s) = \frac{R(s)}{P(s)}$  să se îndeplinească condi-



via  $\partial[R(s)] < \partial[P(s)]$ , adică  $H(s)$  să fie o rațională strict proprie. În unele cazuri se operează cu funcții de transfer proprii ( $\partial[R(s)] = \partial[P(s)]$ ) sau chiar neproprii ( $\partial[R(s)] > \partial[P(s)]$ ), dar acestea nu reprezintă altceva decât aproximații ale funcțiilor de transfer exacte, ce sînt r.f., în sensul neglijării constantelor mici de timp (constante de timp parazite), adică a neglijării părții de înaltă frecvență a sistemului, care are o pondere redusă în răspunsul acestuia.

realizare, (oricare) triplet  $(A, B, C)$  pentru care

$$C(sI - A)^{-1}B = T(s)$$

$$(C(zI - A)^{-1}B = T(z))$$

cu  $T(s)$ ,  $(T(z))$ ,  $\rightarrow$  matricea de transfer a sistemului liniar continuu (discret), specificată. Dacă două r.  $(A, B, C)$ ,  $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{C})$ , de dimensiuni  $n, \bar{n}$  nu neapărat egale, corespund aceleiași matrici de transfer, se numesc echivalente intrare-ieșire. Dacă cele două r. sînt echivalente algebric, ele sînt echivalente intrare-ieșire, reciproc, nefiind în general adevărată.

realizarea automatelor, operație prin care se transpune fizic un automat abstract (prototip) printr-o asignare adecvată a stărilor, intrărilor și ieșirilor. Un automat  $A_2$  realizează comportarea, din punctul de vedere al stărilor, a automatului  $A_1$  dacă există o asignare  $A_1$  în  $A_2$  avînd funcția  $f_2(x): X_1 \rightarrow X_2$  injectivă.

realizare minimală  $\rightarrow$  realizarea  $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{C})$  de dimensiune  $\bar{n}$  astfel încît oricare ar fi o altă realizare  $(A, B, C)$  de dimensiune  $n$ , se îndeplinește condiția  $n \leq \bar{n}$ . R.m. este o realizare controlabilă și observabilă a sistemului  $T(s)$  ( $T(z)$ ), toate r.m. ale unui sistem fiind echivalente algebric. Modalitatea uzuală de determinare a unei r.m. este: se determină o realizare  $(A, B, C)$  a lui  $T(s)$ , ( $T(z)$ ) cu  $\rightarrow$  teorema de structură (Kalman se extrage  $(A_{22}, B_2, C_2)$  ce reprezintă r.m.

reanclanșarea automată rapidă (RAR), realizarea, prin dispozitive automate, a restabilirii alimentării cu tensiune pe linii la care întreruptoarele au fost declanșate de protecția prin rele, presupunînd că avaria a avut un caracter pasager. Un dispozitiv RAR conține mai multe blocuri (fig. R.1). Blocul de pornire asigură pornirea schemei RAR prin impuls de la protecția prin rele. Blocul de control verifică dacă sînt îndeplinite condițiile pentru reanclanșarea întreruptorului și după un timp  $t_{R/R}$  asigurat de blocul de

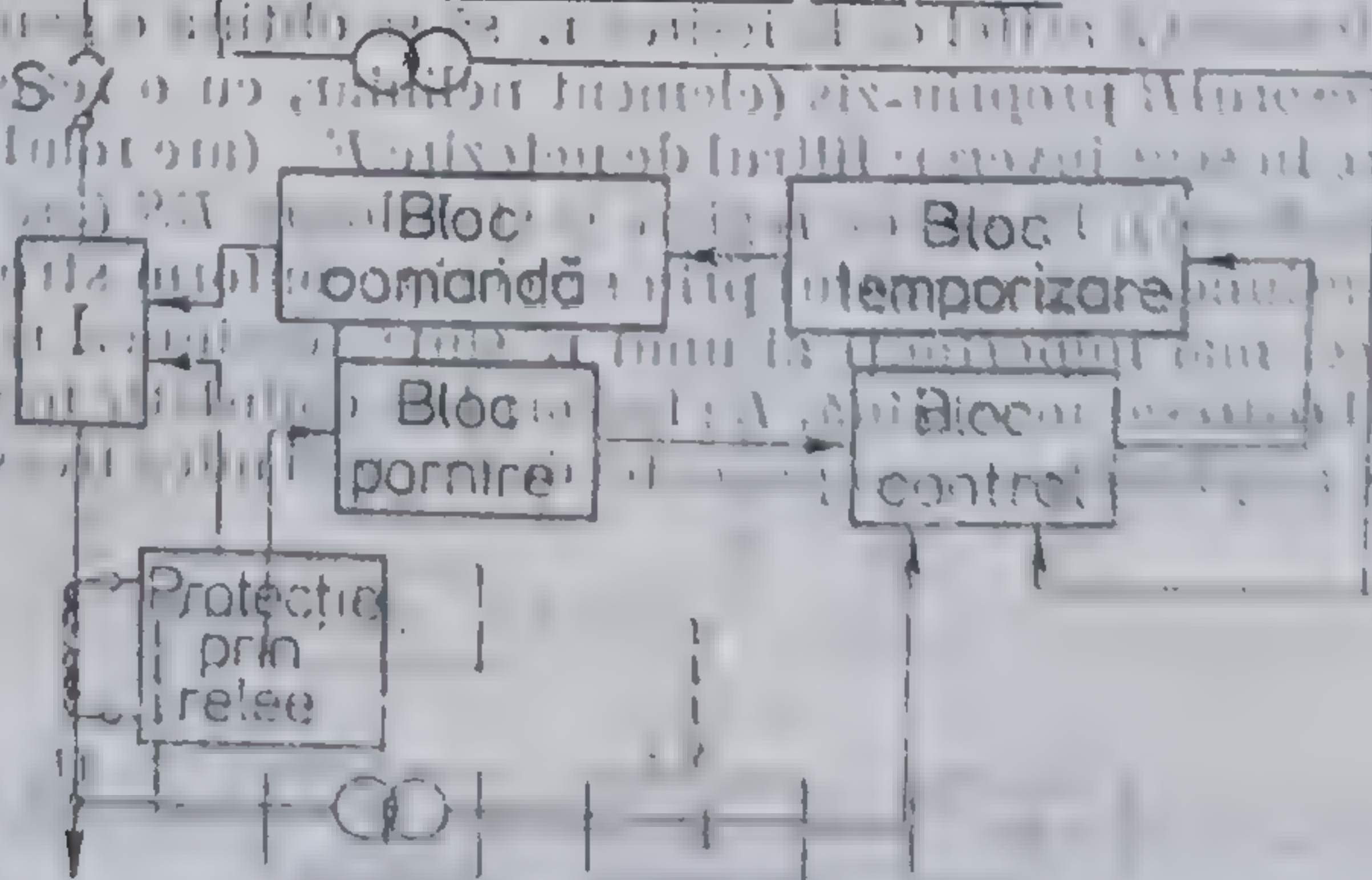


Fig. R.1. Schema electrică a unui dispozitiv RAR.



temporizare trimite comanda de anclanșare care este efectuată de blocul de comandă. Dacă defectul a fost înlăturat linia va continua să lucreze în condiții normale; dacă defectul persistă protecția comandă o nouă declanșare a liniei. Dispozitivul RAR poate să repete operațiile (dacă este prevăzut să funcționeze în mai multe cicluri) sau să deconecteze definitiv linia. De regulă, pentru a evita uzura întrerupătoarelor de înaltă tensiune se folosesc dispozitive RAR cu 1 (mai frecvent) sau 2 cicluri, iar în cazuri speciale cu 3 cicluri.

reanclanșarea automată a sarcinii (RAS), operație de restabilire a alimentării consumatorilor sacrificați prin (D.A.S), la revenirea frecvenței sistemului

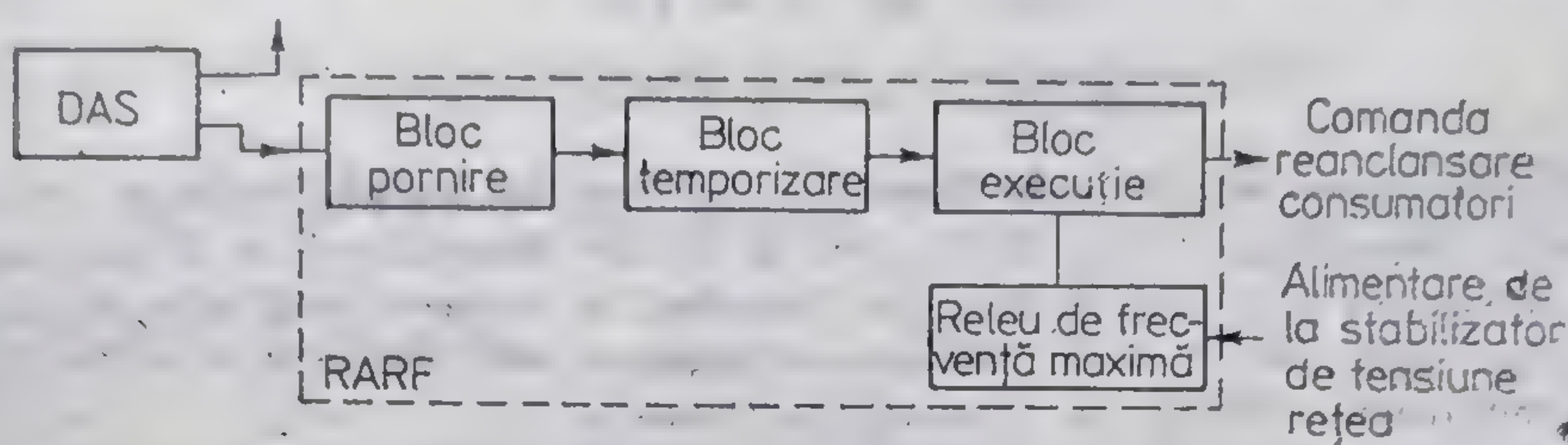


Fig. R.2. Schema electrică a unui dispozitiv RAR de frecvență.

energetic ca urmare a revenirii condițiilor normale de funcționare. Întrucât comanda reanclanșării se face după frecvență, operația se mai numește RAR de frecvență. Schema funcțională a unui dispozitiv de reanclanșare automată este prezentată în fig. R.2.

#### RAR de frecvență → reanclanșarea automată a sarcinii

recepție cu diversitate, metoda de ridicare a siguranței comunicațiilor pe canale cu perturbații multiplicative, realizabilă în mai multe variante, dintre care cele mai importante sînt diversitatea în timp, în spațiu, în frecvență, în direcție și utilizarea sistemelor multicanal (→ separarea canalelor). Diversitatea în timp constă în repetarea semnalului; diversitatea în frecvență — emisia pe frecvențe diferite a aceluiași mesaj; diversitatea în direcție — utilizarea de canale radio și antene de recepție cu diagrame de directivitate diferite; diversitatea în spațiu — recepția simultană cu mai multe antene.

redresor, circuit care transformă energia electrică de curent alternativ, în general de joasă frecvență, în energie electrică de curent continuu. Un r. se compune din următoarele blocuri principale: transformatorul  $Tr$  (modifică tensiunea alternativă astfel ca la ieșirea r. să se obțină o gamă largă de tensiuni dorite); redresorul  $R$  propriu-zis (element neliniar, cu o rezistență mică în sens direct și mare în sens invers); filtrul de netezire  $F$  (are rolul de a obține practic o tensiune continuă); blocul de reglare și stabilizare  $BS$  (are rolul de a menține constantă tensiunea sau curentul prin sarcină), conform structurii din fig. R.3. Parametrii cei mai importanți ai unui r. sînt: tensiunea redresată în sarcină,  $U_s$ ; curentul redresat în sarcină,  $I_s$ ; factorul de ondulație în sarcină  $\gamma = U_1/U_s$ , unde  $U_1$  este amplitudinea componentei de cea mai mică frecvență din tensiunea

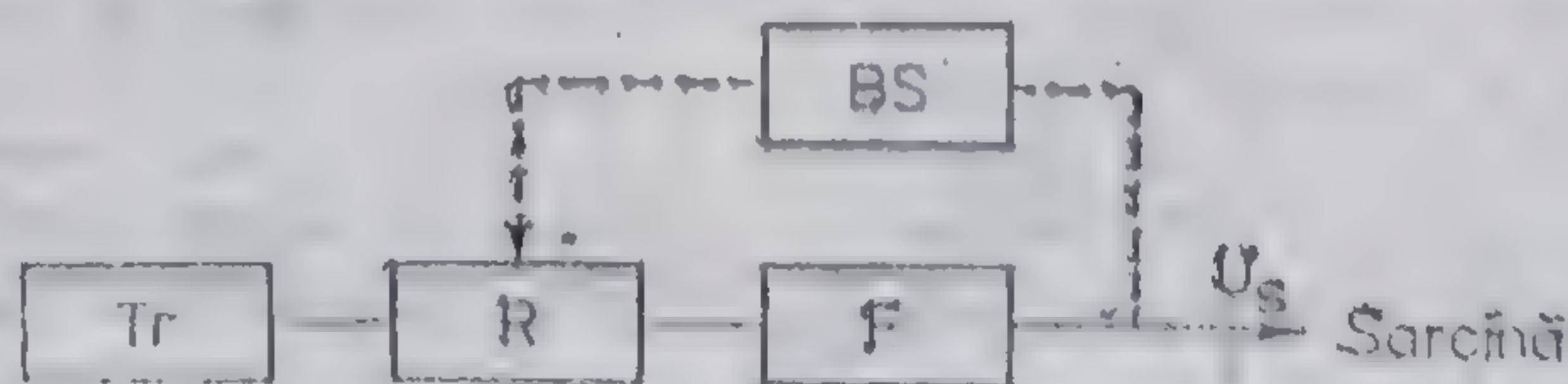


Fig. R.3. Schema bloc a unui redresor.



de ieșire. În funcție de numărul fazelor redresate,  $r$ , se pot clasifica în *mono-fazate* și *polifazate*. În schemele de automatizare sînt utilizate două clase mari de  $r$ :  $r$  *simple necomandate* care conțin ca elemente de circuit diode cu vid sau semiconductoare;  $r$  *comandate* (reglabile) ce permit, prin utilizarea unor elemente de circuit cu electrod de comandă, reglarea în limite largi a valorii medii a curentului sau a tensiunii redresate.

redresor comandat ((reglabil), redresor ce folosește în locul diodelor obișnuite elemente de redresare cu electrod (grilă) de comandă și care permite ca, printr-o reglare potrivită a tensiunii aplicate acestui electrod, să se modifice în limite largi valoarea medie a tensiunii și a curentului reglat. R.e. utilizează

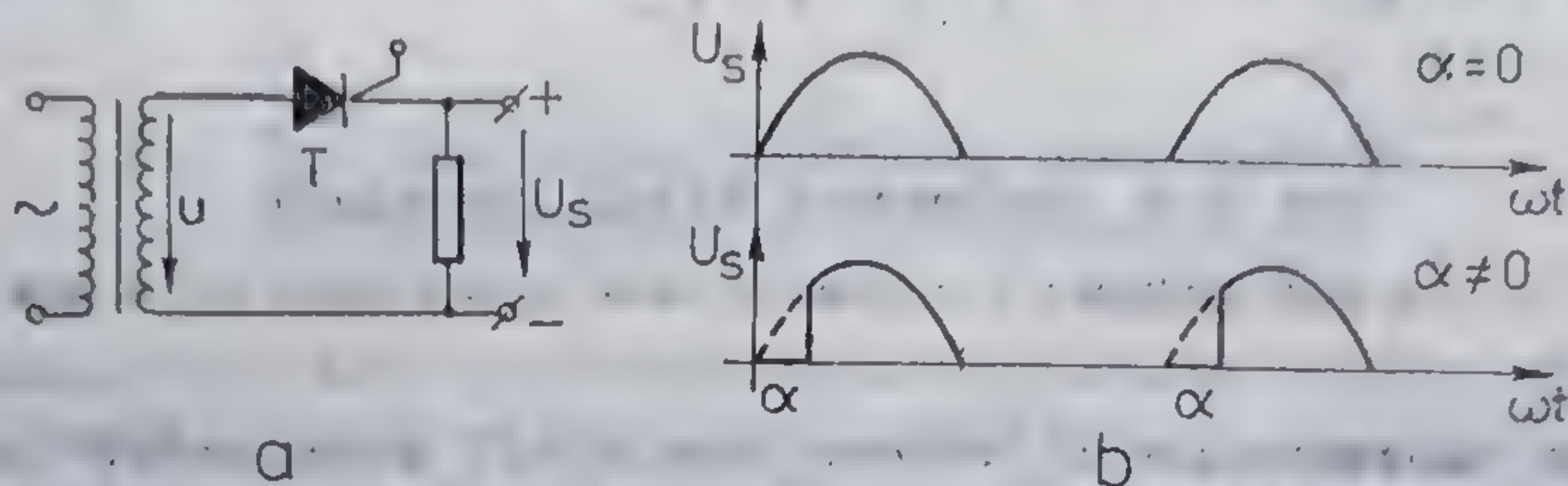


Fig. R.4. Redresor comandat monoalternanță cu tiristor:  
a — schema electrică; b — forme de undă de ieșire în funcție de unghiul de aprindere  $\alpha$  al tiristorului.

tuburi cu gaz (tiratroane, ignitroane etc.) tuburi redresoare cu vapori de mercur sau tiristoare. Metodele de comandă a tensiunii redresate se pot clasifica după forma de undă a tensiunii de grilă ( $u_G$ ):  $u_G$  continuă;  $u_G$  alternativă, de aceeași frecvență cu tensiunea anodică, dar defazată față de ea: comanda pe verticală (prin amplitudine) sau comanda pe orizontală (prin fază);  $u_G$  în formă de impulsuri. În fig. R.4 este prezentat un r.e. monoalternanță cu tiristor. R.e. se utilizează frecvent în scheme de reglare, varianta constructivă depinzînd de o serie de factori dintre care: puterea de ieșire necesară, rapiditatea necesară sistemului de reglare a procesului, cerința forțării anulării curentului prin consumator, cerința inversării curentului, ș.a. Un domeniu în care r.e. își găsesc o largă aplicare este acela al reglării acționărilor electrice. În fig. R.5 se prezintă schema de comandă a tensiunii din circuitul rotorului sau înfășurării de excitație pentru motoarele de curent continuu utilizînd r.e. cu tiristoare. Într-o schemă de reglare cu r. e. controlul tensiunii de grilă este realizat cu un bloc denumit → **dispozitiv de comandă pe grilă**

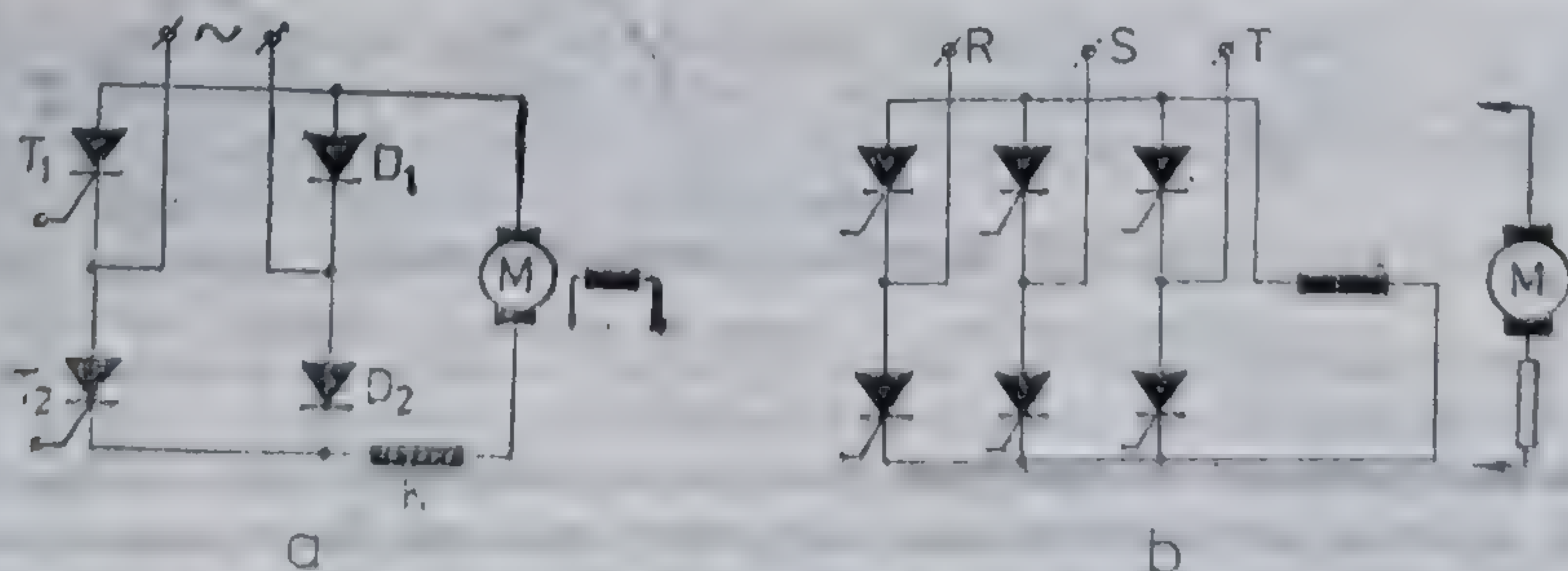


Fig. R.5. Comanda motoarelor de curent continuu utilizînd redresoare comandate:

a — comanda tensiunii rotorice cu redresor cu punte mono-fazăată semicomandată; b — comanda înfășurării de excitație cu redresor trifazat în punte



redresor dublă alternanță, redresor monofazat necomandat care redresează ambele alternanțe ale tensiunii de intrare alternative. Acest tip de redresor se construiește în variantele: cu priză mediană și în punte (fig. R.6).

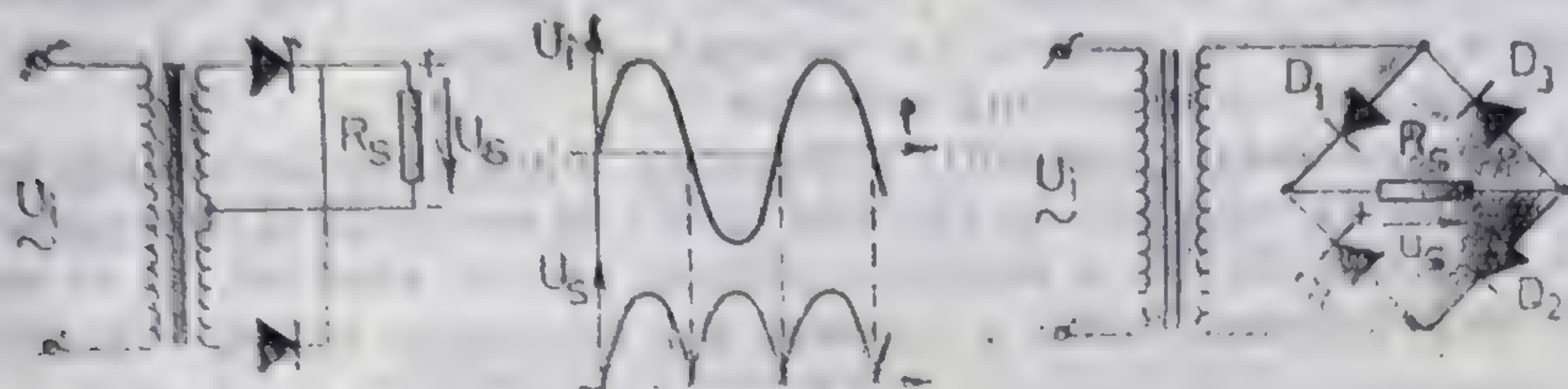


Fig. R.6. Redresoare dublă alternanță:

a — cu priză mediană; b — forme de undă intrare-ieșire; c — în punte.

redresor monoalternanță, redresor monofazat necomandat care redresează doar o alternanță a tensiunii de intrare alternative. Schema electrică și formele de undă ale r.m. sunt prezentate în fig. R.7. Componenta continuă a tensiunii de sarcină  $U_{cc}$  va fi valoarea medie pe o perioadă a tensiunii  $U_s$ :

$$U_{cc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_{max} \sin \omega t \, d(\omega t) = \frac{U_{max}}{\pi}$$

$U_{cc}$  scade liniar odată cu creșterea curentului. Acest lucru reprezintă o deficiență a r.m., fiind neutilizabile pentru alimentarea sarcinilor care variază în timp, decât dacă se iau măsuri suplimentare pentru stabilizarea valorii medii redresate.

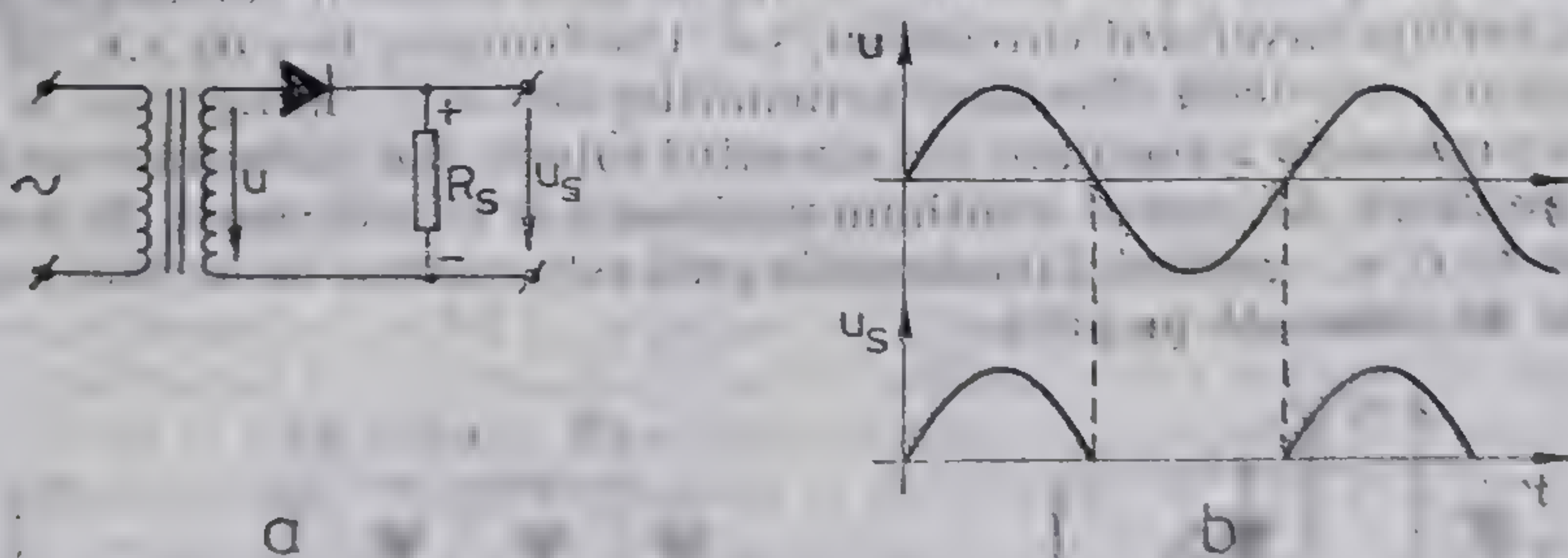


Fig. R.7. Redresor monoalternanță:

a — schema electrică; b — forme de undă intrare-ieșire.

redresor polifazat necomandat, redresor necomandat care asigură tensiuni de ieșire cu un factor de ondulație mult mai mic decât cele monofazate. R.p.n. este utilizat pentru redresarea semnalelor de putere mare și este alimentat în mod obișnuit de la rețeaua trifazată de curent alternativ R.p.n. se poate realiza în variantele (fig. R.8); redresor cu punct neutru în secundarul transformatorului (monoalternanță); redresor în punte (dublă alternanță).



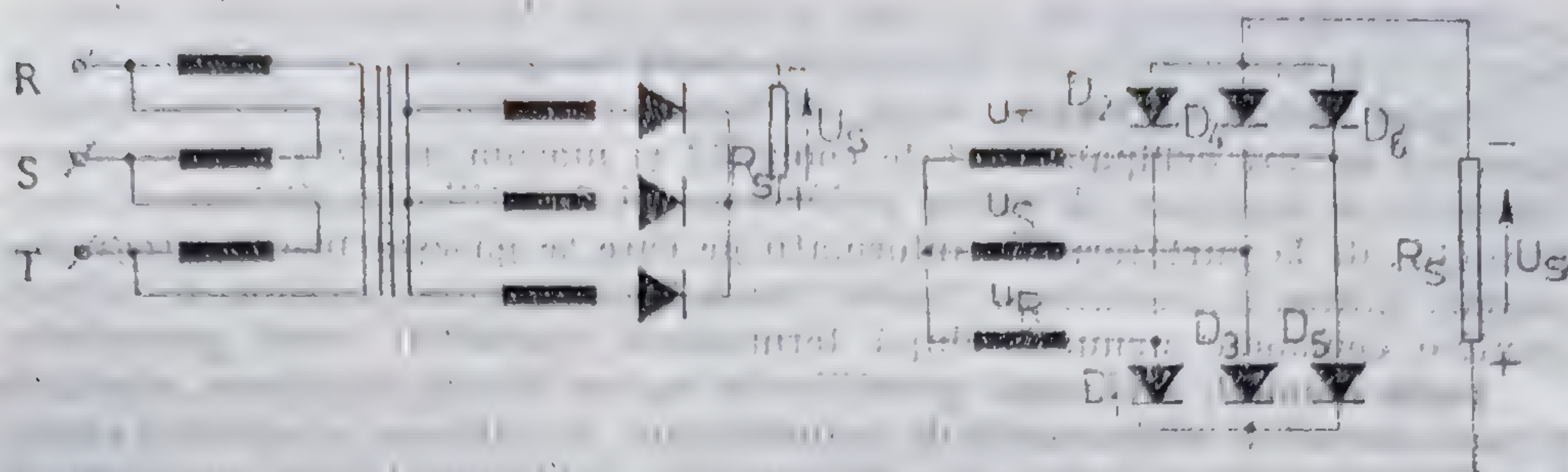


Fig. R.8. Redresoare polifazate necomandate:

a — monoalternanță; b — dublă alternanță.

redundanță, (în sens general) folosirea unui număr mai mare de elemente decât cele absolut necesare realizării unui anumit scop; (în sens informațional)  $r$  unei surse de informație este diferența dintre valoarea maxim posibilă a entropiei sursei și valoarea ei reală:  $R_s = H_{max}(x) - H(x)$  ( $\rightarrow$  entropie).  $R$ , relativă este  $r$ , raportată la entropia maximă

$R_c = C - I(X, Y)$ ;  $r$ , relativă a canalului este dată de raportul dintre  $r$ , canalului și capacitatea canalului;  $r$ , protectivă reprezintă procedura de proiectare destinată protecției la erori a transmisiei informației;  $r$ , de cod este o caracteristică a relației dintre baza codului  $m$  și numărul de simboluri folosite  $M$ .

refacerea semnalelor, procedură de reconstituire a unui semnal în urma eșantionării. Principalele operații matematice care permit reconstituirea semnalului original sînt: transformarea inversă Fourier, convoluție sau filtrare. Intervalul minim de timp,  $T_e$ , între două eșantioane succesive care permite refacerea semnalului original este dat de condiția lui Shannon  $\left( T_e \leq \frac{T_m}{2} \right)$ ,

unde  $T_m$  reprezintă cea mai mică perioadă evidențiată în spectrul semnalului original. În practică nu se poate realiza o refacere ideală, ci doar o refacere prin aproximare a semnalului original, prin metoda extrapolării polinomiale, realizată prin dispozitive numite  $\rightarrow$  extrapolatoare.

regim automat, mod de funcționare care nu presupune intervenția directă a unui operator uman.

regim automat de lucru al mașinilor unelte cu comandă numerică, regim de lucru în care echipamentul de comandă și mașina unealtă primesc comenzile de deplasare, de viteze și de avansuri, funcțiile pregătitoare și auxiliare etc., de la purtătorul de informații pe care este înscris programul mașină. Frazele care formează programul mașină sînt citite și executate succesiv, fără întreruperi.

regim convențional (de lucru al mașinilor unelte cu comandă numerică), regim de lucru în care comenzile de deplasare, de viteze și de avansuri, funcțiile



pregătitoare și auxiliare etc., se dau manual (din butoane, manete, comutatoare etc.) în succesiunea sau combinația aleasă de operator.

**regim „frază cu frază”**, regim de lucru al mașinilor unelte cu comandă numerică în care echipamentul de comandă și mașina uneltă primesc toate comenzile de deplasare, de viteze și de avansuri, funcțiile pregătitoare și auxiliare etc., de la purtătorul de informații pe care se găsește înscris programul mașină. Citirea și executarea fiecărei fraze din programul mașină se inițiază printr-o comandă manuală, după terminarea executării frazei precedente.

**regim manual**, preluarea operațiilor de reglare sau de conducere, efectuate în mod normal de echipamente de automatizare, de către un operator și executarea lor prin comenzi și/sau acționări manuale. Echipamentele de automatizare sînt prevăzute cu dispozitive care permit trecerea, fără influențe perturbatoare asupra procesului tehnologic, de la regimul automat la cel manual și invers.

**R.m.** de lucru pe mașinile unelte cu comandă numerică este regimul în care echipamentul de comandă primește: comenzile de deplasare, de viteze și de avansuri, funcțiile pregătitoare și auxiliare etc., introduse manual prin butoane, comutatoare, chei etc., de pe panoul de comandă și le transmite mașinii-unelte grupate sub forma unei singure fraze. Acest ciclu se repetă pentru fiecare frază în parte.

**reglare** → problema reglării

**reglare combinată**, reglare ce se efectuează după principiul completării reglării după eroare cu o reglare după perturbație. Introducerea reglării după perturbație asigură intrarea în acțiune a schemei înainte ca efectul perturbației să se manifeste prin variația nedorită a mărimii de ieșire din sistem ( $y$ ) și a erorii ( $\varepsilon$ ) (fig. R. 9). Folosirea r.c. este indicată în cazul în care perturbația  $p$

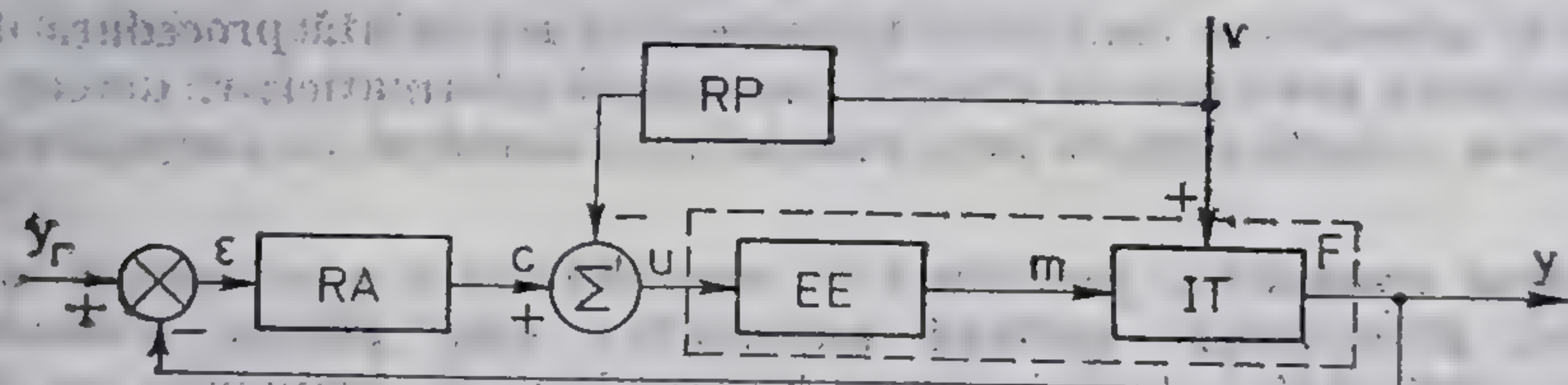


Fig. R.9. Schema reglării combinate.

este măsurabilă prin mijloace tehnice relativ simple, iar legea de reglare obținută pentru regulatorul perturbator  $RP$  corespunde unui regulator tipizat.

**reglare cu predicție**, reglare ce permite compensarea influenței nefavorabile a timpului mort asupra performanțelor tranzitorii ale unui sistem automat. **R.cu p.** se poate efectua după două principii de bază: a) introducerea unui element cu predicție, care constă dintr-un model  $M$  al părții fără timp mort din instalația tehnologică  $H_p^*(s)$  și dintr-un element cu întârziere pură  $e^{-\tau s}$  conectat în paralel cu o legătură directă, predictorul avînd funcția de transfer  $H_{pr}(s) = H_p^*(s)(1 - e^{-\tau s})$ , conform fig. R.10. Pentru eliminarea efectelor timpului mort asupra transferului semnalului de comandă  $u(t)$  prin partea fixată,  $F$ , predictorul  $Pr_1$  se conectează în paralel cu partea fixată  $F$ . Datorită acestui fapt, mărimea de reacție  $r(t)$  transmisă pe calea reacției principale elementului de comparație al buclei de reglare are expresia  $r(t) = y(t + \tau)$ , obținîndu-se astfel devansată cu un timp  $\tau$  — deci cu predicție — variația în



timp a mărimii  $y(t)$  de la ieșirea părții fixate; b) introducerea unui element care realizează cu aproximație o funcție de transfer de forma

$$H_{pr}(s) \cong e^{\tau s}$$

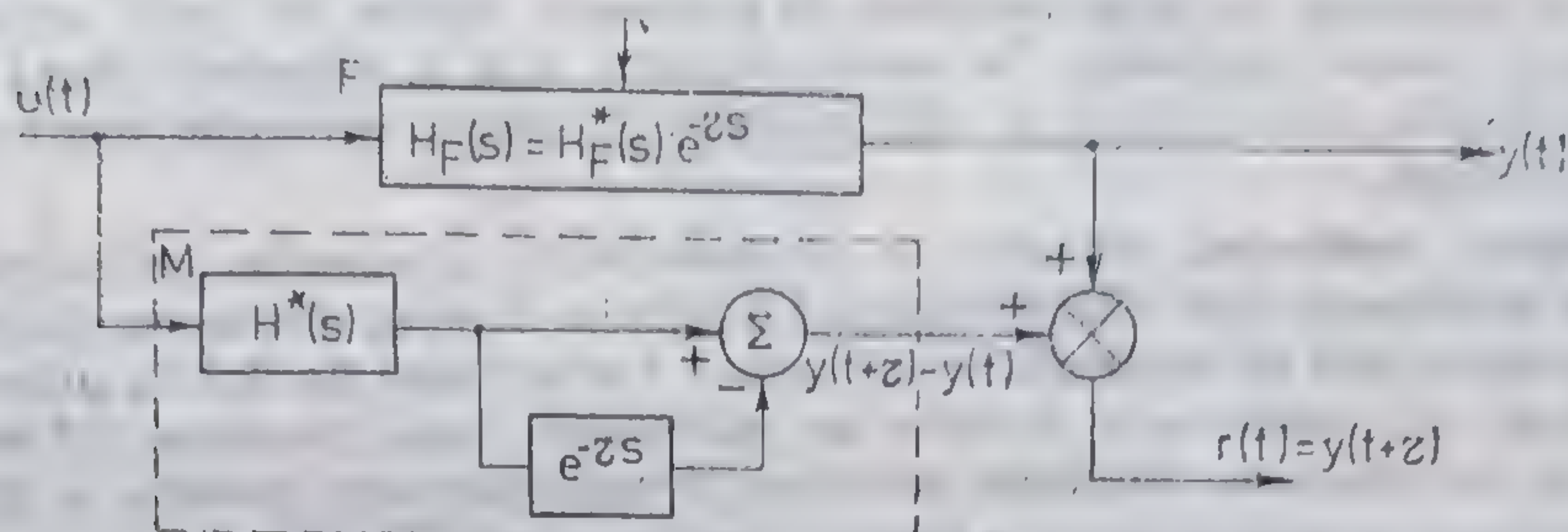


Fig. R.10. Variantă a reglării de predicție.

corespunzătoare unei operații de anticipare pură, respectiv de predicție. Întrucât o astfel de funcție de transfer nu se poate realiza cu exactitate se folosește aproximarea exponențială  $e^{\tau s}$  printr-o serie și rezultă pentru elementul de predicție funcția de transfer

$$H_{pr_2}(s) = a_0 + \sum_{k=1}^n a_k \frac{(\tau s)^k}{k!},$$

coeficienții  $a_0$  și  $a_k$  fiind determinați astfel încât să se minimizeze eroarea datorată aproximației.

**reglare de raport,** operație de reglare ce constă în menținerea la o valoare constantă a raportului a două mărimi, prin modificarea uneia dintre acestea, cealaltă putînd varia liber în domeniul său admisibil. R.de r. este utilizată îndeosebi în industria chimică, mărimile implicate fiind frecvent de tip debi.

**reglare în cascadă,** reglare care se bazează pe principiul împărțirii părții fixate a sistemului automat în mai multe porțiuni prin alegerea unor mărimi intermediare ce se transmit între aceste porțiuni; pe lângă blocul de reglare destinat mărimii de ieșire din sistem ( $y$ ) se introduc regulatoare suplimentare câte unul pentru fiecare mărime intermediară, realizîndu-se astfel o reglare și o limitare simultană a mai multor mărimi din cadrul sistemului. Astfel, în practică, în cazul instalațiilor cu un anumit grad de complexitate se adoptă r.în c.

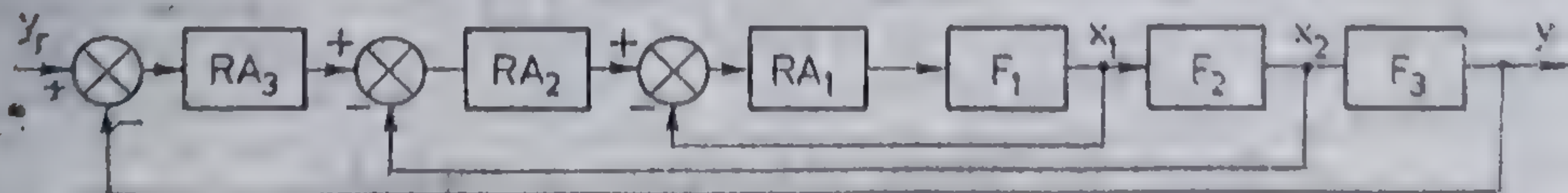


Fig. R.11. Schema unei reglări în cascadă:

$RA_1$  — regulatoare tipizate;  $F_1$  — părți ale instalației tehnologice plus elementul de execuție

care complică schema de reglare, dar păstrează blocul de reglare tipizat, ce nu depășește complexitatea variantelor  $PID$  și  $PDD_2$ . Schema r.în c. este dată în fig. R.11. Alegerea mărimilor intermediare  $x_i$  trebuie să se efectueze, pentru a conferi eficiență r. în c., în conformitate cu criteriile: accesibilitatea



mărimilor  $x_i$  (măsurabile cu mijloace simple); unele din mărimile intermediare (sau toate) trebuie să răspundă mai repede decât mărimea de ieșire  $y$  la acțiunea anumitor perturbații; porțiunile  $P_i$  ale părții fixate să nu conțină mai mult de două constante de timp principale, pentru ca să rezulte regulatoare tipizate. R. în c. se utilizează cu bune rezultate la procesele rapide, de tipul acționărilor reglabile de curent continuu. În aceste situații, r. în c. cuprinde două regulatoare (de turată și de curent) și acționează în circuitul indusului motorului de curent continuu.

reglarea debitului, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în menținerea unei valori impuse a debitului. Pentru obținerea informației despre eroarea față de referință se utilizează traductoare de debit, principalele tipuri fiind: a) traductoare bazate pe măsurarea unei presiuni diferențiale, bazată pe introducerea fluidului printr-o strângulare care creează o diferență de presiune  $\Delta p$ , debitul măsurat fiind de tip  $Q = K\sqrt{\Delta p}$ . Dispozitivul cel mai des întrebuintat este diafragma (se mai întâlnesc la aceeași metodă tubul Venturi și tubul Pitot); b) traductoare de debit cu secțiune de trecere variabilă, proporțională cu debitul, și cădere de presiune relativ constantă (de tip rotametr); c) traductoare electromagnetice pentru fluide cu conductivitate de minimum  $100 \mu S$  care utilizează tensiunea electrică indusă într-un fluid în mișcare situat într-un câmp magnetic perpendicular pe direcția de curgere; d) traductoare de tip turbină (asociată cu un tahogenerator care măsoară turația turbinei proporțională cu debitul); e) traductoare bazate pe efectul curenților turbionari (de tip Vortex); f) traductoare termooanemometrice, bazate pe modificarea rezistenței unui fir cald dispus într-un flux de fluid (gaz); g) traductoare cu ultrasunete (bazate pe efectul Doppler). Principala caracteristică a proceselor de reglare a debitului sînt constantele de timp mici ( $0,5 \dots 3s$ ) ceea ce impune pentru celelalte elemente de automatizare din buclă: traductorul și elementul de execuție, constante de timp reduse. Principalele elemente de execuție sînt robinetele de reglare (la lichide) și clapetele (la gaze). Pe de altă parte în procesele care au loc în conducte lungi apar constante de timp mari ale procesului și zgomote de fluctuații considerabile. De aceea, în schemele de r. d. se preferă regulatoare continue, de tip  $P.I.$  În fig. R.12 se prezintă o schemă de r. d. furnizat de o pompă centrifugă sau de un ventilator, în două variante:

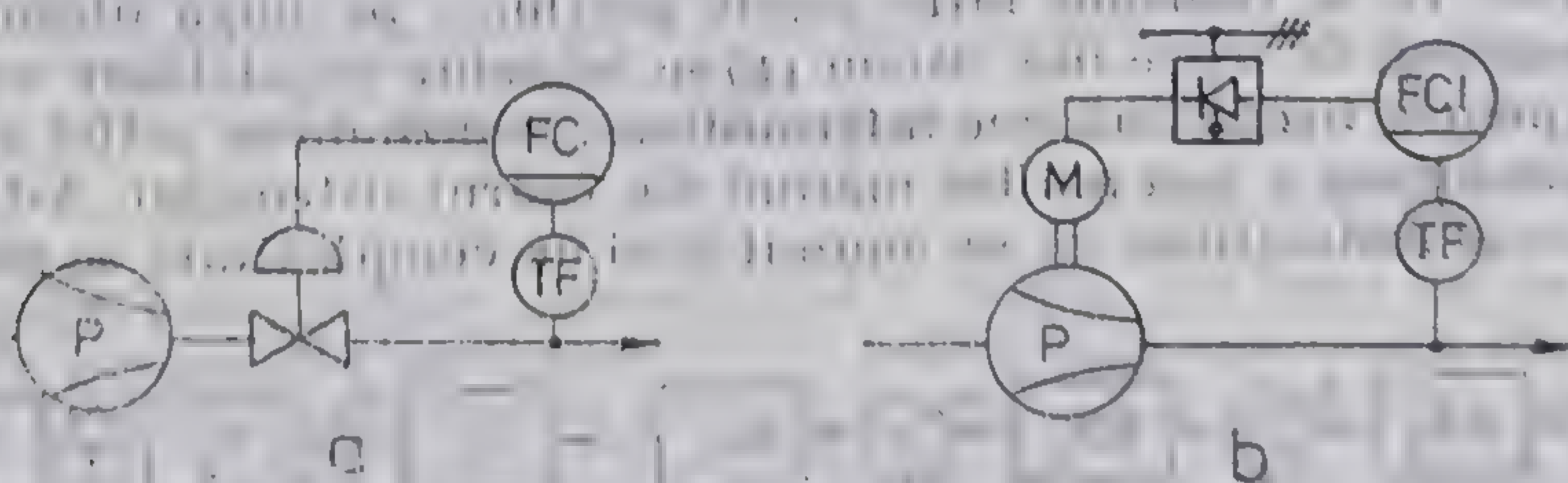


Fig. R.12. Sisteme de reglare a debitului.

- a) cu un element de execuție de tip robinet dispus pe conducta principală;
- b) cu element de execuție tip punte de tiristoare în schema de alimentare a motorului de acționare, permițând r. d. prin modificarea turației.

reglarea frecvenței și puterii active (în sisteme energetice (RAFP), procedură de reglare prin care, menținând constantă frecvența în sistemul energetic, se realizează concomitent o redistribuire a sarcinilor active. Deci, un sistem RAFP cuprinde în mod necesar un sistem de reglare automată a vitezei



(turației) turbinelor RAV. În schemă (fig. R.13) se constată că regulatorul automat de frecvență (RAF) comandă prin intermediul unui element de execuție EE modificarea turației de mers în gol ( $n_0$ ) și prin aceasta deplasarea prin translație a caracteristicii statice de reglare turație-putere. RAFP se desfășoară astfel: cînd variază puterea activă consumată (deci și cea generată), variază

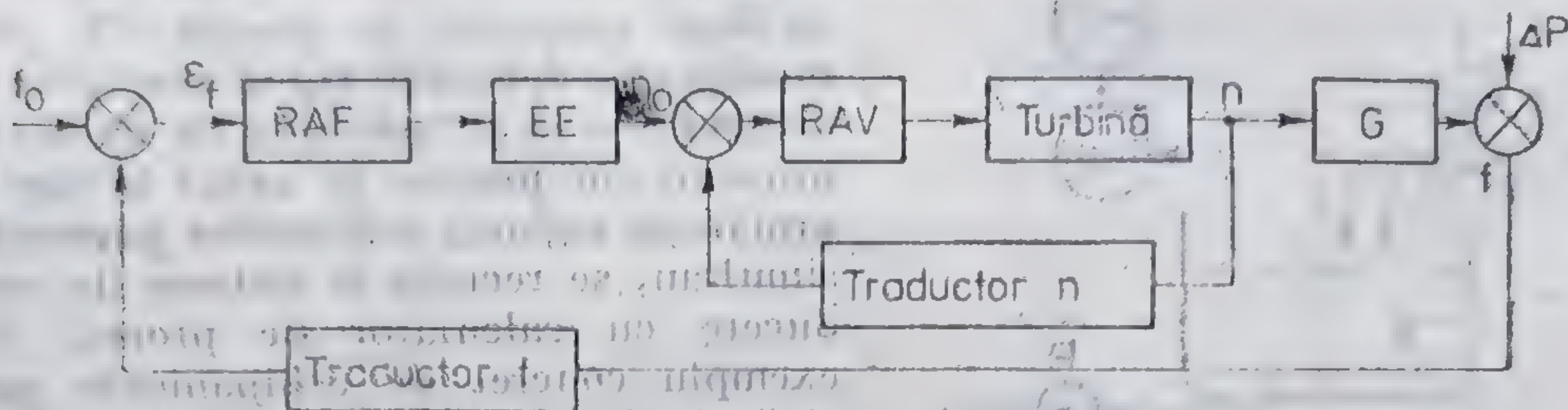


Fig. R.13. Sistem de reglare a frecvenței și puterii active.

turațiile turbinelor din centrale. intră în funcțiune RAV care, avînd caracteristici statice de reglare, asigură redistribuirea mărimilor perturbatoare (sarcinile active) pe diferite agregate în paralel, acționînd astfel asupra admisiei agentului motor în turbine și restabilind echilibrul între puterile active generate și cele consumate, la o turație globală (sau echivalentă) apropiată de cea de consemn, dar diferită. Apoi intervine RAF care deplasează simultan, prin translație, caracteristicile statice ale RAV aferente turbinelor care participă la reglare, stabilind turația echivalentă și deci turația de consemn. Dacă sistemele energetice funcționează izolat metode tipice RAFP sînt: a) metoda agregatelor pilot, folosind un agregat pilot cu caracteristică care precizează plusul de putere activă cerută, toate celelalte agregate avînd caracteristică statică de reglare; b) metoda statismului virtual, cu repartitor de sarcină pentru mai multe agregate cu caracteristici de reglare statice. Dacă sistemele energetice sînt interconectate, metodele tipice RAFP sînt: a) reglarea fază-putere, care anulează eroarea de fază și asigură obținerea unei erori staționare de frecvență nulă, concomitent cu realizarea repartiției univoce a mărimilor perturbatoare între unitățile reglante; b) metoda reglării frecvență-putere de schimb, bazată pe introducerea unui statism suplimentar la fiecare din regulatoarele de frecvență, pentru a putea depista sensul circulației puterii de schimb.

reglarea mărimilor analitice și a compoziției gazelor, obiectiv al automatizării proceselor industriale constînd în menținerea în anumite limite a valorii unor mărimi de tip densitate, viscozitate,  $pH$ , conductibilitate, umiditate, compoziție. În funcție de mărimea ce trebuie reglată, trebuie utilizat un traductor adecvat care să permită determinarea erorii față de valoarea de referință. Principalele traductoare utilizate în acest scop sînt: a) pentru densitate: traductoare bazate pe principii gravimetrice (utilizînd forța arhimedică); b) pentru viscozitate: traductoare bazate pe determinarea cuplului existent la un arbore ce se rotește în mediul dat; c) pentru  $pH$ : traductoare cu electrozi calibrați care creează o diferență de potențial proporțională cu concentrația de ioni din soluție; d) pentru conductibilitate: traductoare bazate pe măsurări de conductanță; e) pentru umiditate: traductoare bazate pe măsurarea diferenței psihrometrice ce apare între rezistența unei termorezistențe dispuse într-un mediu etalon și cea a unei termorezistențe aflate în mediul a cărui umiditate se măsoară; f) pentru compoziție: analizoare de gaze bazate fie pe utilizarea variației unei anumite proprietăți a amestecului de gaze (conductivitate termică, afinitate paramagnetică) în funcție de compoziție, fie proprietăți de ab-



sorbție a energiei (de regulă, cu sursă de radiații infraroșii). Pentru aceste procese, la care diversitatea condițiilor de lucru este foarte pronunțată, se folosesc de obicei regulatoare continue. În fig. R. 14 se prezintă, spre exemplificare,

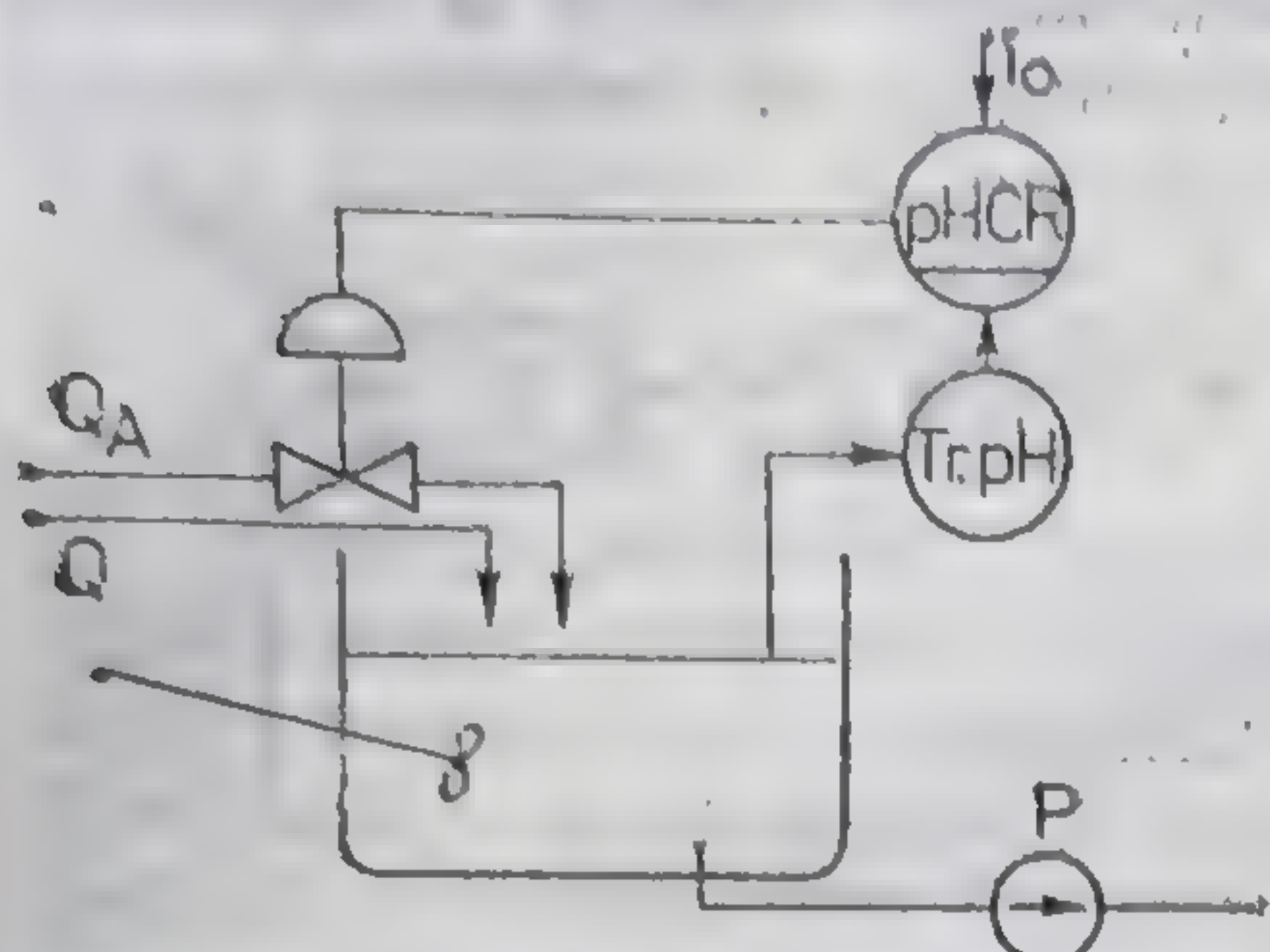


Fig. R.14. Sistem de reglare a pH-ului.

un sistem care asigură menținerea constantă a pH-ului într-un debit continuu de fluid (asigurat de pompa  $P$ ), prin modificarea debitului  $Q_A$  al agentului de neutralizare ce se amestecă cu debitul  $Q$  provenit din proces. În cazul în care se urmărește reglarea mai multor parametri simultan, se recurge la sisteme de conducere cu calculator de proces. Un exemplu concret de echipamente specializate de analiză îl constituie cromatograful utilizat pentru determinarea automată a procentelor în care se află diversele componente în amestecuri de gaze complexe (cu multe componente).

**reglarea nivelului**, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în menținerea unei valori impuse a nivelului. În scopul asigurării informației tehnologice se impune măsurarea nivelului. Măsurarea se poate realiza prin metode directe, la care elementul sensibil este direct influențat de poziția suprafeței lichidului și se bazează pe fenomene de plutire (traductoare cu imersor sau cu flotor), de urmărire a suprafeței (cu testare periodică sau permanentă), de radiație (de tip nuclear sau ultrasonic) sau prin metode indirecte, dintre care cele mai folosite se bazează pe măsurarea presiunii hidrostatice sau pe cea a capacității electrice, între un electrod introdus în substanța (neapărat dielectrică) al cărei nivel se măsoară și peretele rezervorului. Ultimul procedeu este utilizat frecvent și la determinarea nivelului în buncăre cu materiale pulverulente. Principalele surse de erori în determinarea corectă a nivelului sînt: variația densității lichidului din rezervor (la metodele cu flotor sau cu presiune hidrostatică) și variația temperaturii (datorită dilatării rezervorului sau modificării parametrilor, de ex., constanta dielectrică). Precizia diferitelor metode se înscrie între 0,5 % și 1 %, iar constantele de timp sînt relativ mici (aproximativ 1 s). Principalele instalații tehnologice la care se întâlnește r.n. fiind rezervoare, dinamica procesului, evidențiată de viteza de variație a nivelului este determinată de diferența debitelor de intrare și de ieșire și este invers proporțională cu secțiunea rezervorului. Există numeroase procese la care această dinamică este relativ lentă și ca atare se poate utiliza o reglare discontinuă, de tip bipozițional, dar în cazul în care se dorește o precizie sporită, sau se urmărește evitarea uzurii provocată de închiderea și deschiderea frecventă a elementelor de execuție (de regulă → robinete de reglare), se utilizează regulatoare continue de tip  $P$  sau  $PI$ . În fig. R. 15 se prezintă un sistem de reglare a nivelului pentru transferul de materie între un proces de amonte (A) spre un proces din aval (B), prin intermediul unui rezervor tampon, care permite ca în cazul sistării temporare a debitului din amonte să se evite variațiile bruște ale debitului de ieșire prin scăderea bruscă a nivelului din rezervor pînă cînd debitul din ieșire devine din nou egal cu cel din intrare. Performanțele unui astfel de proces sînt influențate de constantele de timp ale rezervorului, traductorului, și robinetului de execuție, soluția de automatizare fiind cu atît mai simplă cu cît constanta de timp a procesului (rezervorului) este mai mare.



În cazul în care performanțele impuse sînt mai pretențioase, se poate realiza o schemă de reglare în cascadă a nivelului și debitului (nivelul în bucla externă), așa cum reiese din fig. R.16.

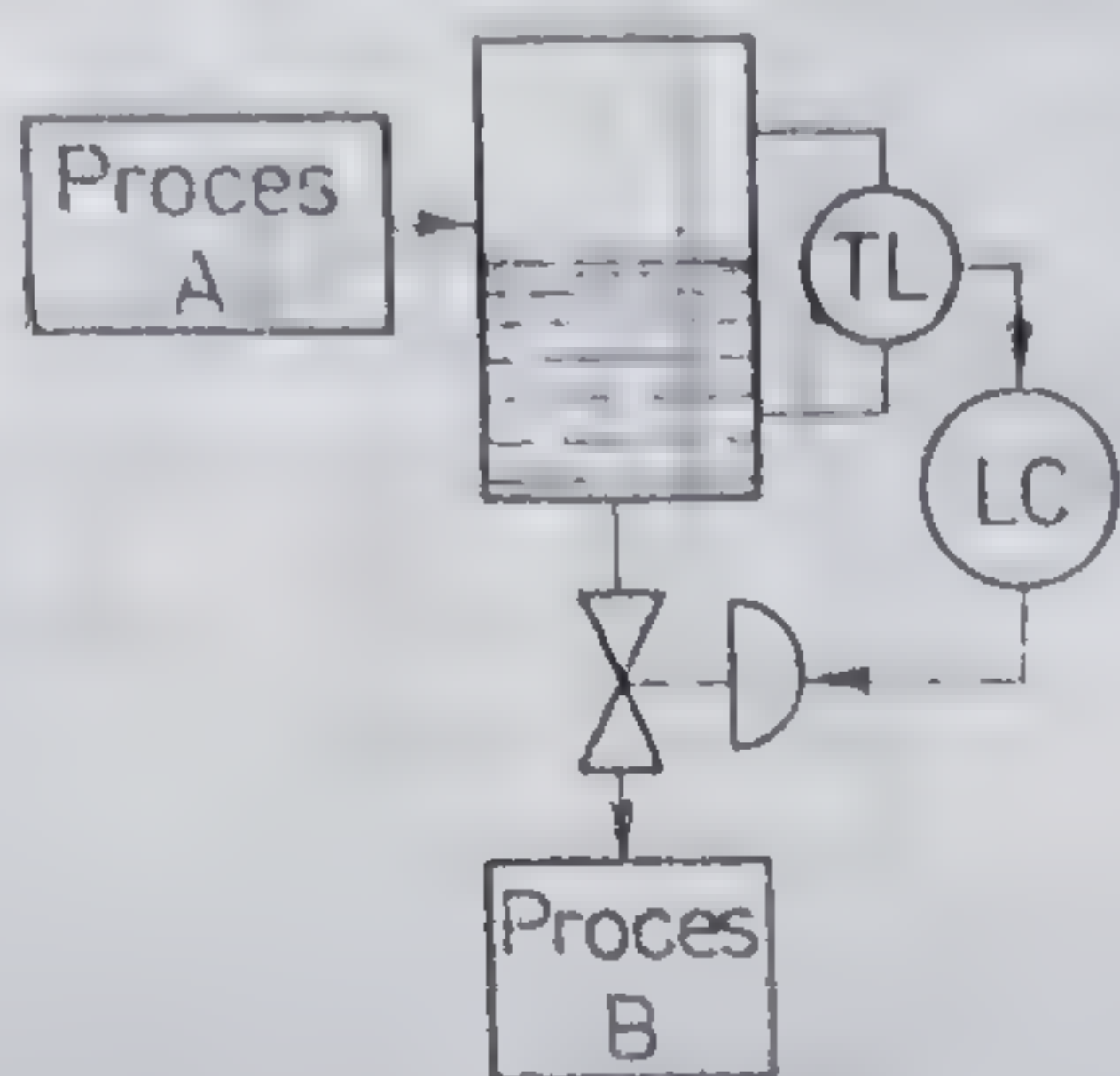


Fig. R.15. Sistem de reglare a nivelului.

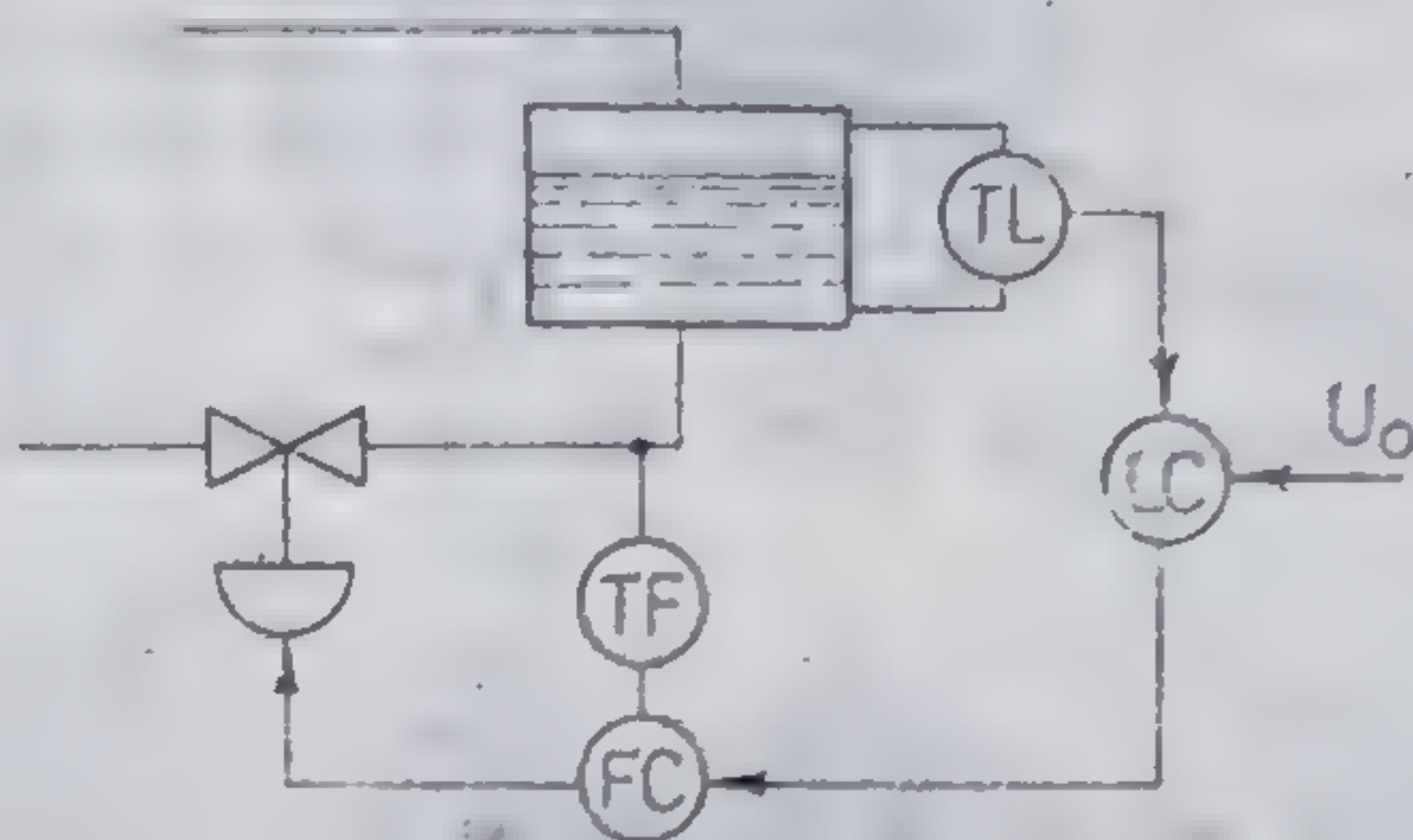


Fig. R.16. Sistem de reglare în cascadă a nivelului și debitului.

**reglarea poziției**, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în comanda și supravegherea deplasării unui organ mobil în vederea realizării unei valori impuse a acesteia, cu un regim de viteză specificat. Informația referitoare la poziția curentă a organului mobil provine de la sisteme de măsură a deplasării ce utilizează următoarele tipuri de traductoare:

a) *numerice*, la care elementul sensibil furnizează direct într-o reprezentare numerică valoarea poziției. Traductoarele numerice de poziție sînt realizate în două variante de bază: în impulsuri (incrementale) și absolute. Caracteristic metodei incrementale este cuantificarea deplasării măsurate  $S$  în cuante  $\Delta S$  și transformarea, prin elementul sensibil, a fiecărei cuante într-un impuls electric. Impulsurile astfel obținute sînt însumate într-un numărător, al cărui conținut reflectă valoarea poziției curente. Elementul sensibil se bazează pe unul din efectele: fotoelectric, inductiv sau capacitiv:

a<sub>1</sub>) *rigle incrementale fotoelectrice*, funcționînd după principiile: 1) *transparență* în care caz se utilizează rigle (rețele) optice cu striațiuni opace și transparente, echidistante, cu pasul de pînă la 40  $\mu\text{m}$ . O sursă de lumină este obturată periodic de această rețea, în raport cu un element sensibil la lumină (de ex., fotodiodă), producînd la ieșire un semnal periodic, ce este prelucrat electronic sub forma de impulsuri rectangulare; 2) *difracție*, care se obține prin rețele de tip Moiré, în urma deplasării relative între două elemente ale traductorului, care au striațiuni fie cu pas egal și înclinare diferită (fig. R. 17), fie cu pas inegal și înclinare identică; 3) *reflexie*, atunci cînd diviziunile riglei nu mai sînt testate printr-un fascicul de lumină ce străbate corpul acesteia, ci prin intermediul razelor reflectate; sînt utilizate rigle metalice în locul celor din sticlă, fig. R.18. Traductorul se execută pentru puteri de rezoluție de pînă la 2  $\mu\text{m}$  și precizie de  $\pm 3$  și  $\pm 5$   $\mu\text{m}$ . Lungimea riglei între 100—1400 mm.

a<sub>2</sub>) *disc incremental fotoelectric*, traductor de poziție rotativ la care rolul riglei este preluat de un disc de sticlă pe care sînt executate diviziuni radiale alternativ opace și transparente, fig. R. 19. Lățimea totală  $\Delta\varphi$ , a unei perechi formată dintr-o diviziune transparentă  $\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)$  și o diviziune opacă  $\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)$ , formează pasul de divizare sau incrementul unghiular. Plecînd de la o realizare fizică a discului de măsură cu 600 de linii/rot prin multiplicare electronică cu 4 se obțin  $N_{lu} = 2400$  impulsuri/rot. Unghiul total de rotație este divizat



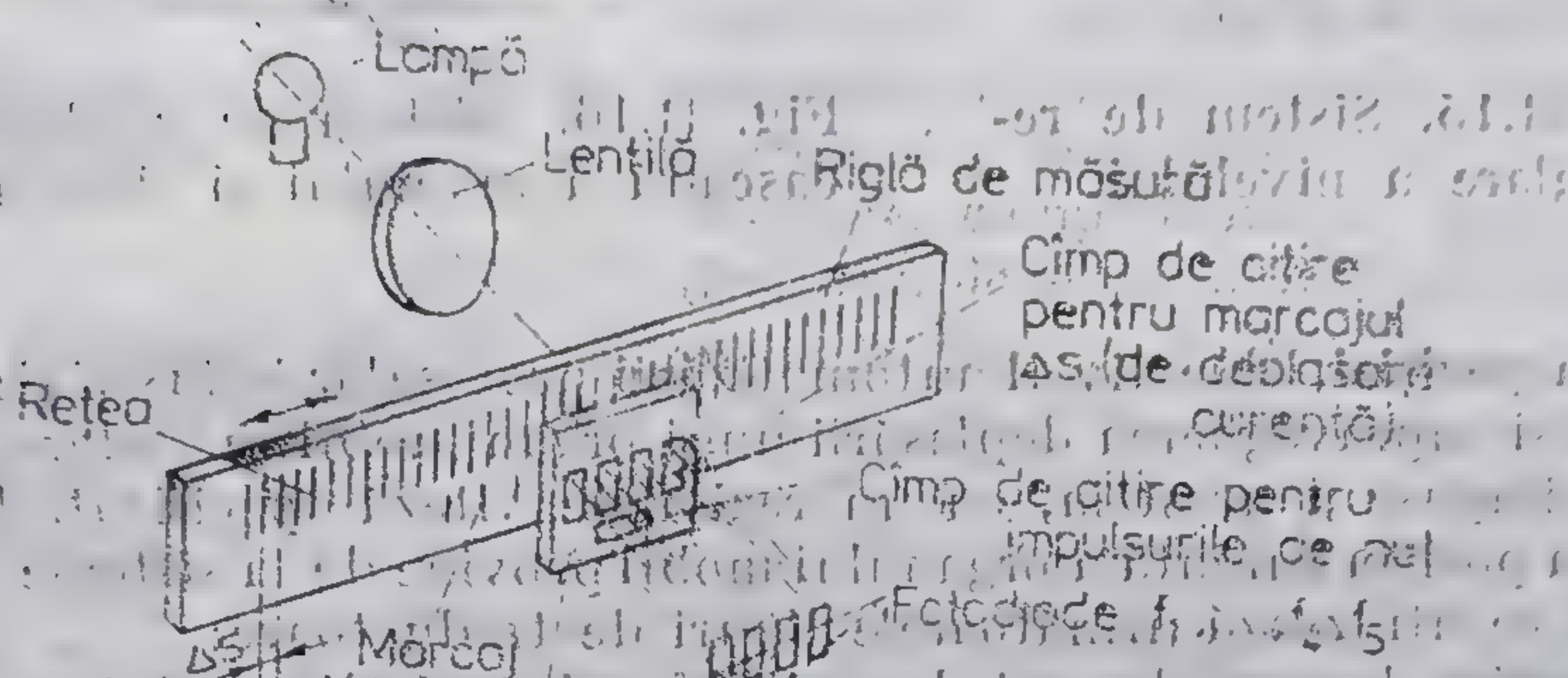
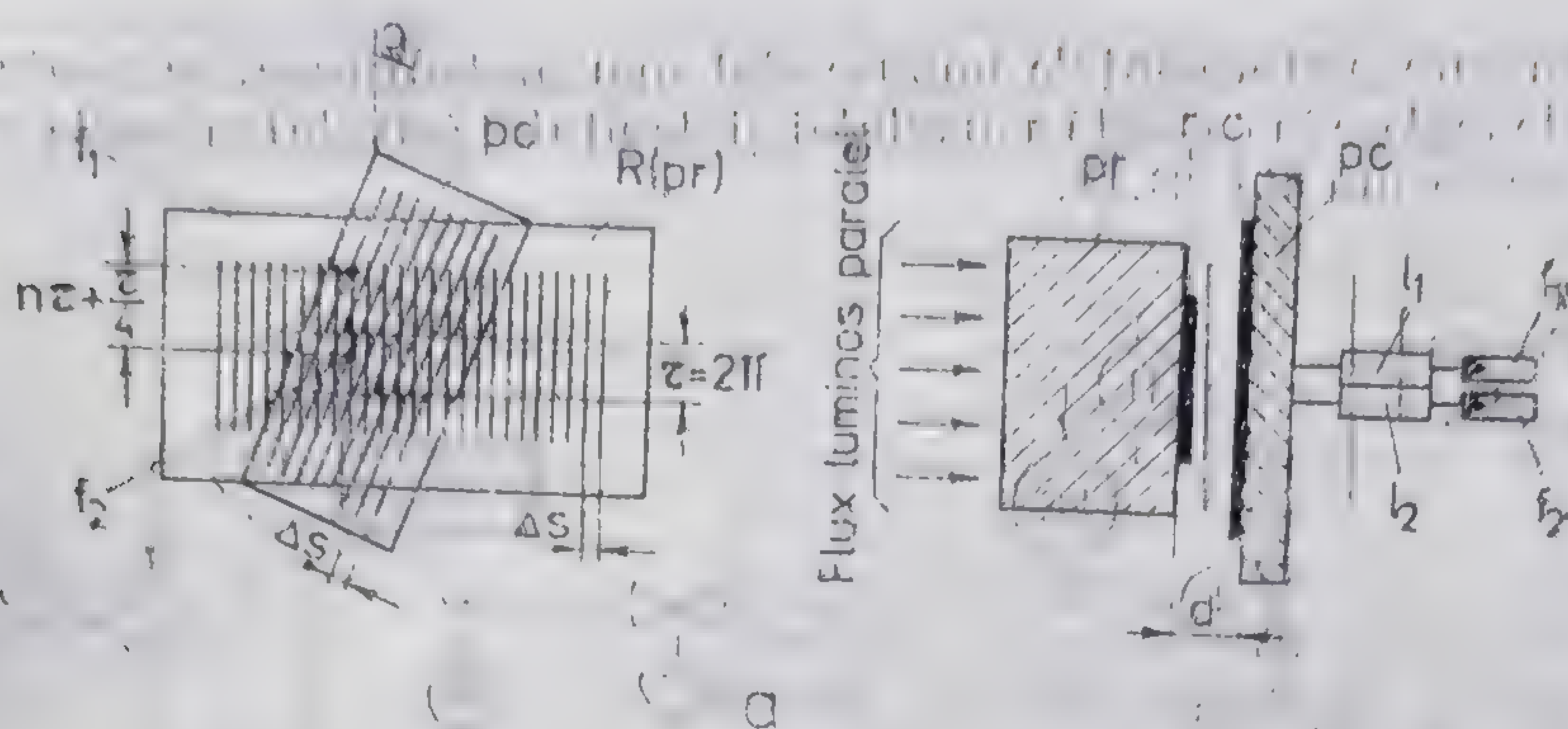


Fig. R.17. Rigle fotoelectrice bazate pe principiul difracției:

$a$  — rețeaua și contrarețeaua, rotite cu unghiuri  $\alpha$  între ele și suprapuse;  $R$  — rigla de măsură, din sticlă;  $r$  — rețea (12 — 15 mm);  $pc$  — placa de sticlă cu contrarețeaua;  $C$  — contrarețeaua;  $d$  — distanța dintre rețea și contrarețeaua (zeci de  $\mu m$ );  $l_1, l_2$  — lentile cilindrice;  $f_1, f_2$  — fotodiode decalate între ele cu  $\pi/4$ ;  $\Delta S$  — divizarea inițială a  $R$  și  $pc$ ;  $\tau$  — divizarea mărită prin efect Moiré;  $b$  — rigla și cursorul au striatipuri cu pas diferit;  $f_1, f_2, f_3, f_4$  — sunt decalate între ele cu  $\pi/2$  și se montează în antiparalel  $f_1, f_3$  și  $f_2, f_4$  (decalaj: de  $90^\circ$ ;  $f_1, f_2, f_3, f_4$ ); cele două semnale  $r_1$  ( $f_1, f_3$ ) și  $r_2$  ( $f_2, f_4$ ) sunt amplificate, formate TTL și multiplicare electronic.

Fig. R.18. Rigla fotoelectrică bazată pe principiul reflexiei:

$S$  — sursa de lumină;  $g$  — gela transparentă;  $f_1, f_2, f_3, f_4$  — elemente fotoelectrice;  $l_1, l_2$  — lentile;  $R$  — rigla traductorului;  $\Delta L$  — incrementul de divizare;  $v$  — viteză de deplasare relativă dintre rigla și capul de citire.



Într-un număr de incremente identice, determinând o rezoluție de 0,15%. Principiul de funcționare a traductoarelor numerice absolute constă în furnizarea de către elementul sensibil direct a unei informații numerice ce reflectă mărimea deplasării. Exprimarea numerică a poziției curente se face codificat, utilizarea unui anumit tip de cod fiind impusă de considerații practice: citire sigură și precisă a numerelor, prelucrarea numerică unitară.

a<sub>2</sub>) rigla fotoelectrică absolută, rigla de măsură are un număr de maximum 10 — 12 piste divizate într-un cod anumit, de ex., cod binar, rezultând divizările:

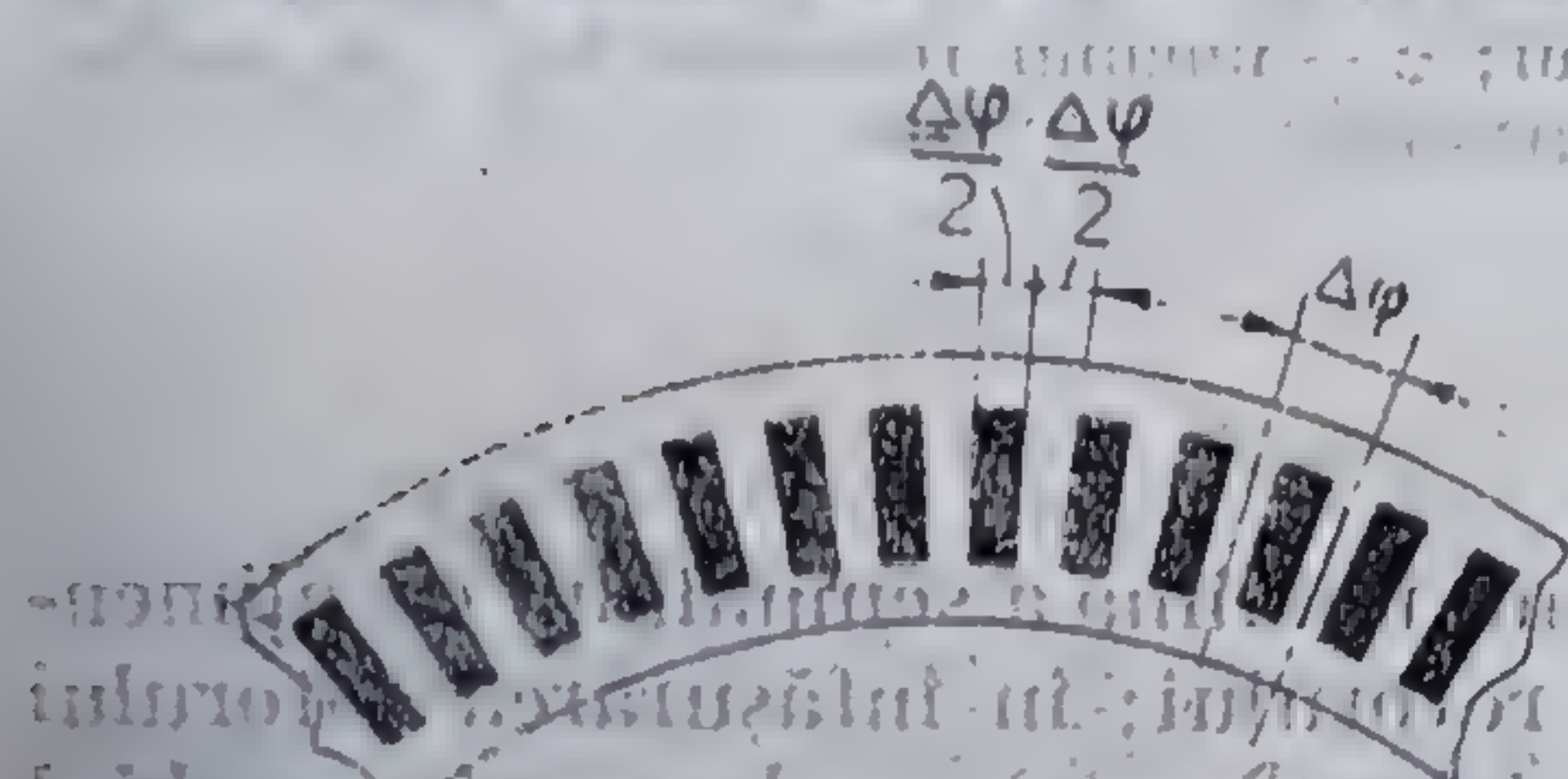
$$2^0 \times \frac{\Delta S}{2}, 2^1 \times \frac{\Delta S}{2}, 2^2 \times \frac{\Delta S}{2}, \dots \text{conform fig. R. 20. Prin montarea pe o axă}$$


Fig. R.19. Disc fotoelectric incremental.



Fig. R.20. Rigla fotoelectrică absolută:

1 — rigla de măsură absolută, codificată binar natural; 2 — cititorii fotoelectrici, dublați și decalajați spațial în formă de V pentru pista  $i$ , cu  $i = 1, \dots, 4$ ; 3 — axa de montare a cititorilor nedecalajați.

unică perpendiculară în raport cu rigla a unui număr de captori fotoelectrici, egal cu numărul de piste, deplasarea relativă rigla — cititori este reflectată în combinația binară a semnalelor obținute de la sistemul de amplificare, filtrare și adaptare a ieșirilor elementelor fotosensibile.

a<sub>4</sub>) disc fotoelectric absolut, traductor absolut rotativ, la care rolul riglei este îndeplinit de un disc ce poate măsura absolut deplasări de 360° (→ disc codificat); pentru deplasări mai mari informația are un caracter ciclic absolut, putându-se utiliza mai multe discuri codificate cuplate între ele prin roți dințate. Se fabrică pentru rezoluție de 10...8', ceea ce corespunde la 2 000 diviziuni/rot, la pista cu divizarea cea mai fină.

b) analogice, la care mărimea de ieșire din traductor reprezintă un semnal electric, de obicei o tensiune, a cărei amplitudine sau fază variază în mod continuu în funcție de deplasare, printr-o dependență exprimată uzual de o funcție trigonometrică (sinus sau cosinus).

Mărimea deplasării determinată în mod absolut de un traductor analogic corespunde perioadei  $T$  a semnalului electric. Traductoarele ciclice absolute pot acoperi deplasări mai mari decât aceea corespunzătoare perioadei  $T$ , identificând perioadele ciclice și păstrând caracterul absolut al măsurării în interiorul unei perioade. Principalele tipuri de traductoare analogice de deplasare ciclice absolute sunt:

b<sub>1</sub>) rezolver, traductor inductiv rotativ, la care fluxul magnetic se închide prin fier. Rezolverul are un stator format din două înfășurări decalate spațial



cu  $1/2$  din pasul polar și un rotor format dintr-o singură înfășurare (fig. R.21). Cele două înfășurări ale statorului pot fi alimentate: 1) în raport de amplitudine:

$$u_1 = U \sin \delta \sin \omega t$$

$$u_2 = U \cos \delta \sin \omega t$$

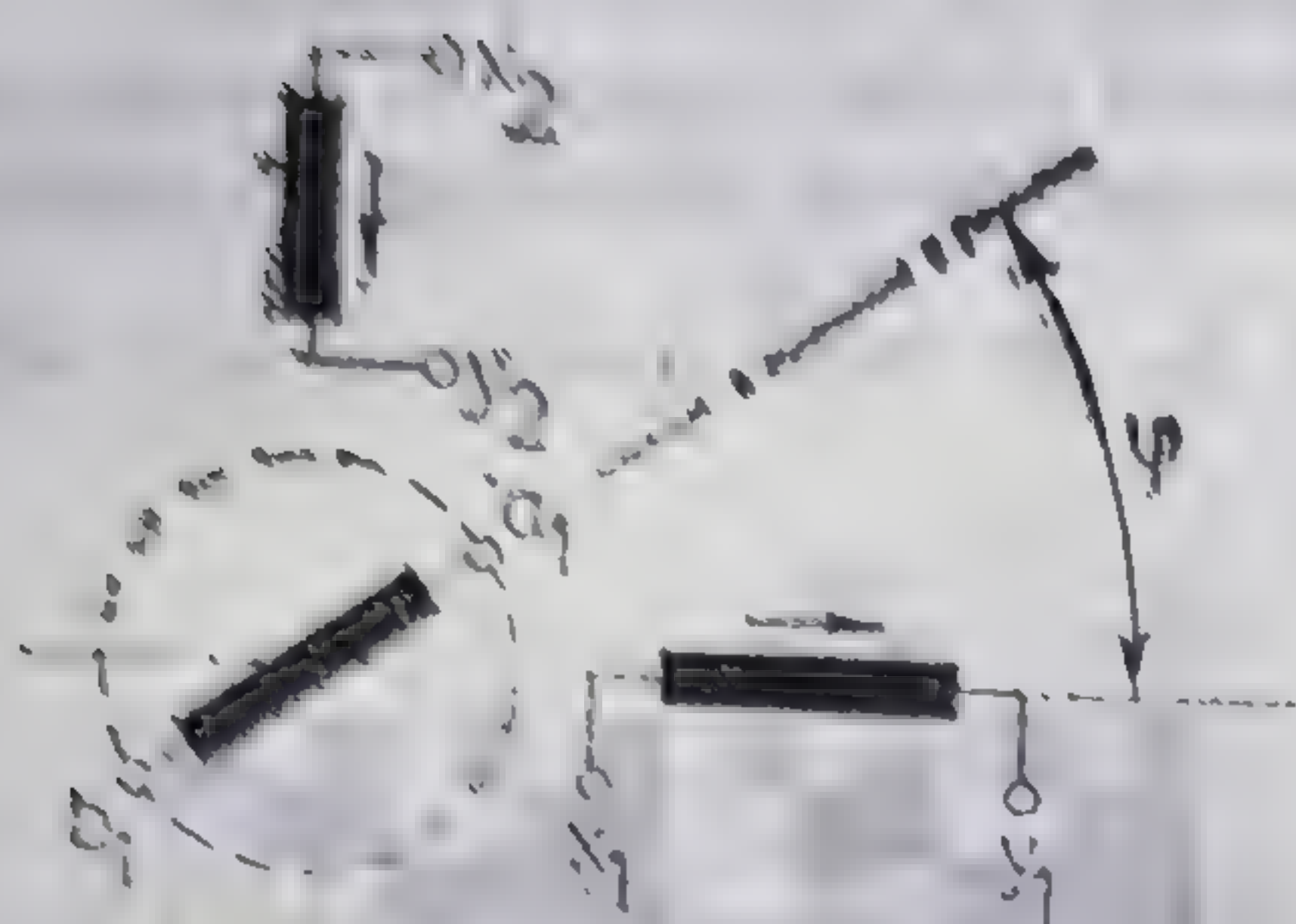


Fig. R.21. Reprezentarea înfășurărilor resolverului:

$x_1, y_1$  și  $x_2, y_2$  — bornele de alimentare ale înfășurărilor statorului;  $a_1, b_1$  — bornele înfășurării rotorului;  $\varphi$  — unghiul rotorului față de stator

unde  $\omega, U$  sînt pulsația, respectiv amplitudinea maximă a semnalului de alimentare, iar unghiul  $\delta$  — poziția prestabilită a rotorului; în înfășurarea rotorului se induce o tensiune de forma:  $u_0 = U \sin \omega t \sin (\delta - \varphi)$ , unde  $\varphi$  este unghiul rotorului față de stator; 2) în raport de fază:

$$u_1 = U \sin \omega t$$

$$u_2 = U \cos \omega t$$

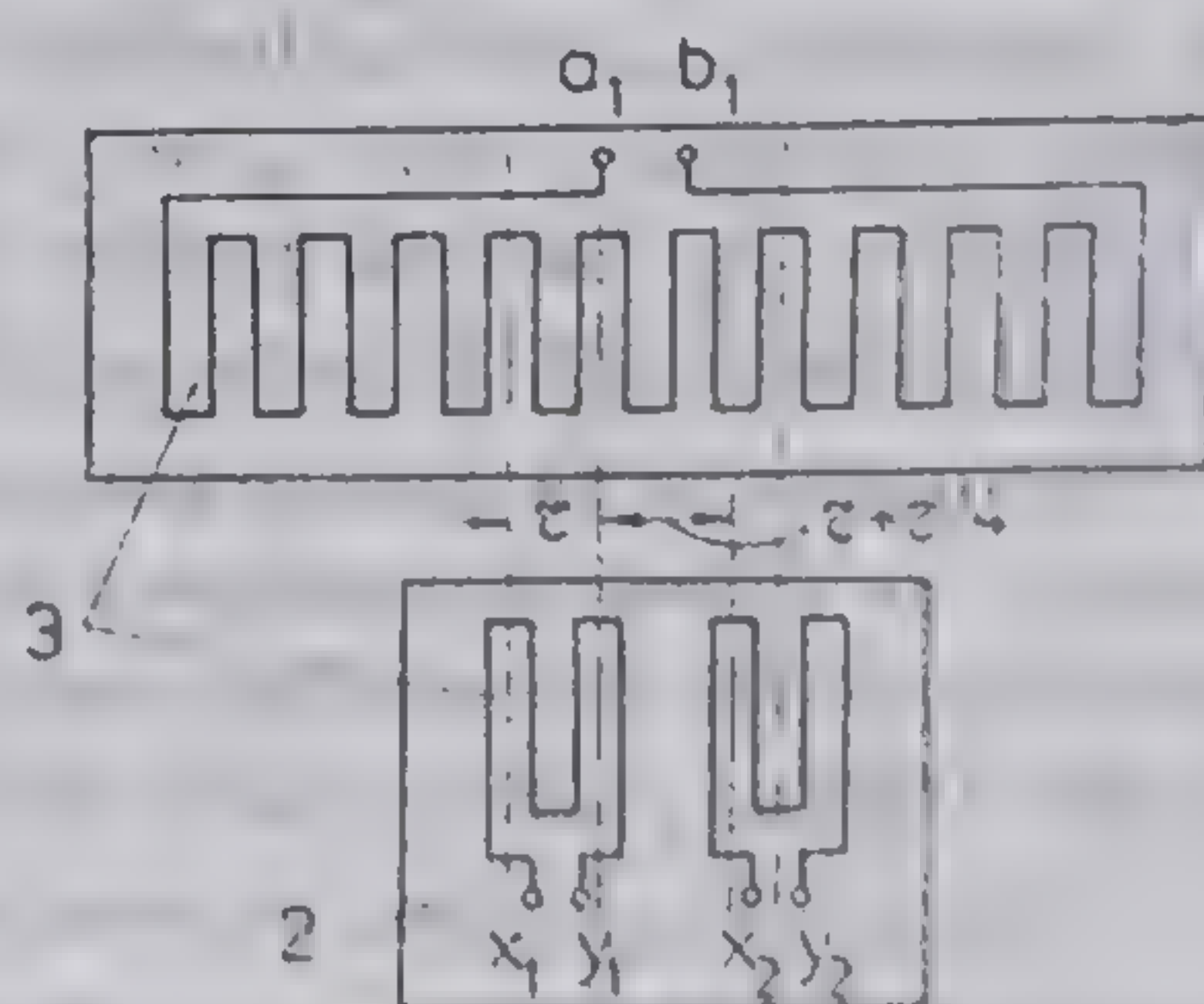
În înfășurarea rotorului se induce o tensiune de forma:

$$u_0 = U \sin (\omega t - \varphi)$$

Poziția rotorului față de stator poate fi astfel determinată prin raportul amplitudinilor semnalelor rotor-stator, respectiv prin măsurarea fazei tensiunii rotorului față de tensiunea statorului luată ca referință.

Fig. R.22. Reprezentarea înfășurărilor inductosynului liniar:

1 — placa de bază a riglei; 2 — placa de bază a cursorului; 3 — înfășurări sub formă de cablaj imprimat;  $\tau$  — pasul înfășurării.



b) inductosyn, traductor inductiv bazat pe principiul de funcționare a resolverului, realizat într-o construcție specială în care înfășurarea statorului și rotorului sînt desfășurate sub formă de cablaj imprimat. Rotorul și statorul sînt reprezentate de o riglă, respectiv un cursor în realizarea de inductosyn liniar, și de două discuri pentru cel rotativ (fig. R.22). Riglă



și cursorul sînt constituite din cîte o placă de oțel, pe care sînt lipite folii de cupru sub formă de cablaj imprimat rectangular (pasul de 2 mm), ce constituie înfășurările. Un ciclu de  $2\pi$  radianți corespunde distanței spațiale  $\tau$ . Alimentînd ambele înfășurări ale cursorului cu două tensiuni aflate într-un raport de amplitudine sau fază, tensiunea indusă în înfășurarea riglei va avea expresiile de tip  $u_0$  de la resolver, determinînd utilizarea inductosynului ca dispozitiv de zero, respectiv ca dispozitiv cu măsurarea fazei. Principalele caracteristici ale inductosynului liniar sînt: lungimea maximă ale riglei 250 mm; precizia măsurării: pînă la  $\pm 1 \mu\text{m}$ ; preț de cost redus; robustețe. Sistemele de măsură a deplasării ce utilizează traductoare de tip inductosyn sînt complexe, necesitînd generatoare de sin și cos, convertoare de fază (valoare analogică)/bit (valoare numerică), numărătoare neliniare (fig. R.23). Sistemele de r.p. sînt realizate în 3 variante: a) sistem de reglare continuă, la care mărimile electrice (poziția măsurată, semnalele de comandă),

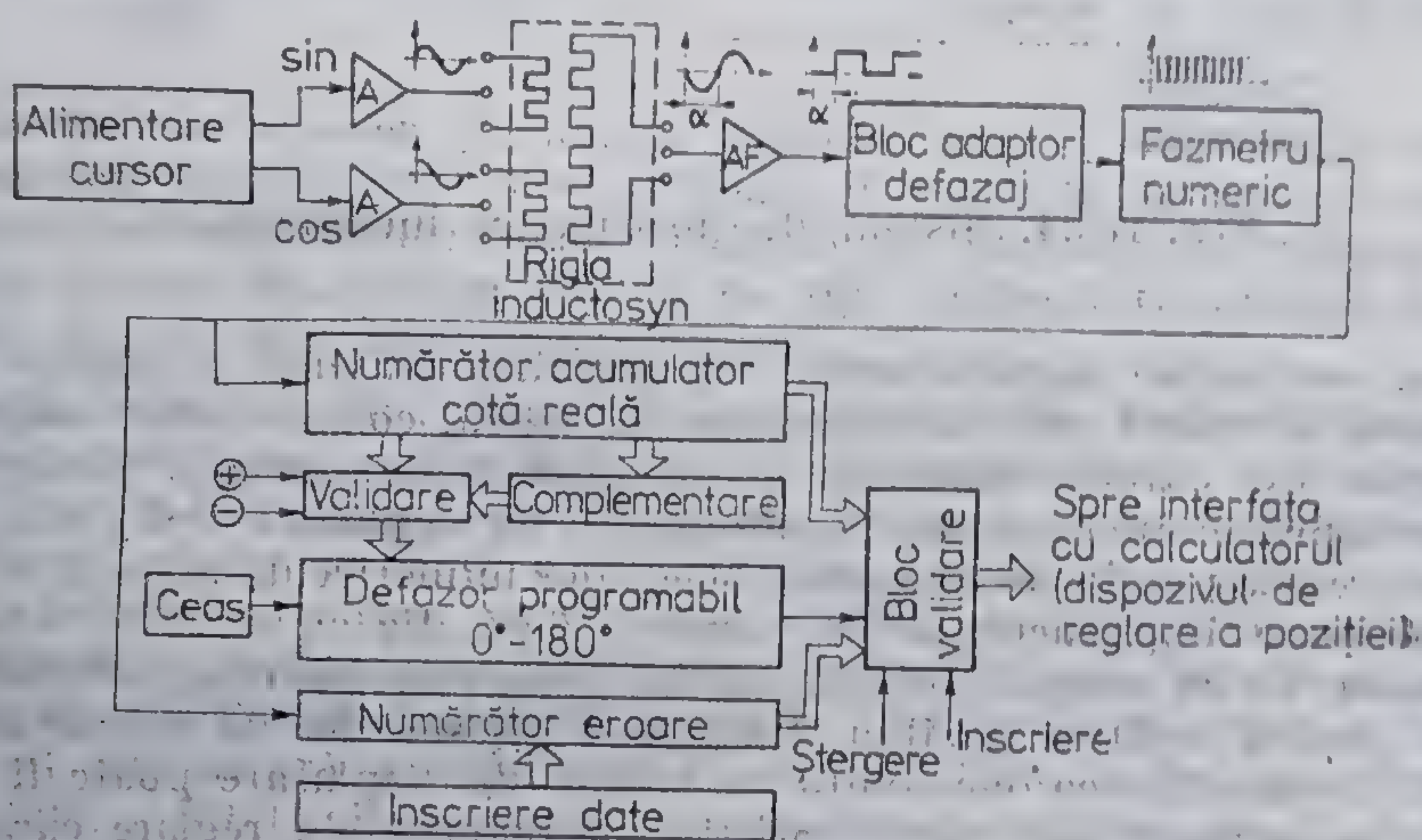


Fig. R.23. Sistem de măsură a deplasării cu inductosyn.

est și mărimile mecanice (deplasarea și viteza organului mobil) au o evoluție continuă în timp; b) sisteme discrete de reglare, în care partea de prelucrare a informației este realizată cu circuite numerice, cu funcționare discontinuă, în timp ce comanda elementului de execuție ce antrenează organul mobil păstrează caracterul continuu (de ex., comanda servomotoarelor de curent continuu); c) sisteme incrementale de reglare care, pe lângă prelucrarea numerică a informației de deplasare și viteză, utilizează elemente de execuție ce transformă informația discretă, sub formă de impulsuri, direct în deplasare discontinuă sau incrementală (de ex., motoare pas cu pas, motoare electrice hibride). În funcție de tipul elementului de execuție utilizat, est și de performanțele urmărite, atingerea precisă a unei poziții impuse cu respectarea unui profil de viteză impus, sistemele de reglare pot fi în buclă deschisă — fără reacție de poziție, — sau în buclă închisă. În fig. R.24 este prezentat un sistem de reglare a poziției cu servomotor de curent continuu, obținut prin legarea în cascadă a unei bucle analogice de viteză cu buclă de reglare discretă a poziției. Sistemul realizează o poziționare incrementală cu profil de viteză trapezoidal. Valoarea pasului sau incrementul mișcării este introdusă ca mărime de referință sub formă numerică codificată la



intrarea paralelă a unui numărator reversibil. Ieșirea paralelă a număratorului este convertită în semnal continuu de referință pentru bucla de reglare a vitezei  $u_r$ , printr-un convertor N/A. Acest semnal continuu este proporțional

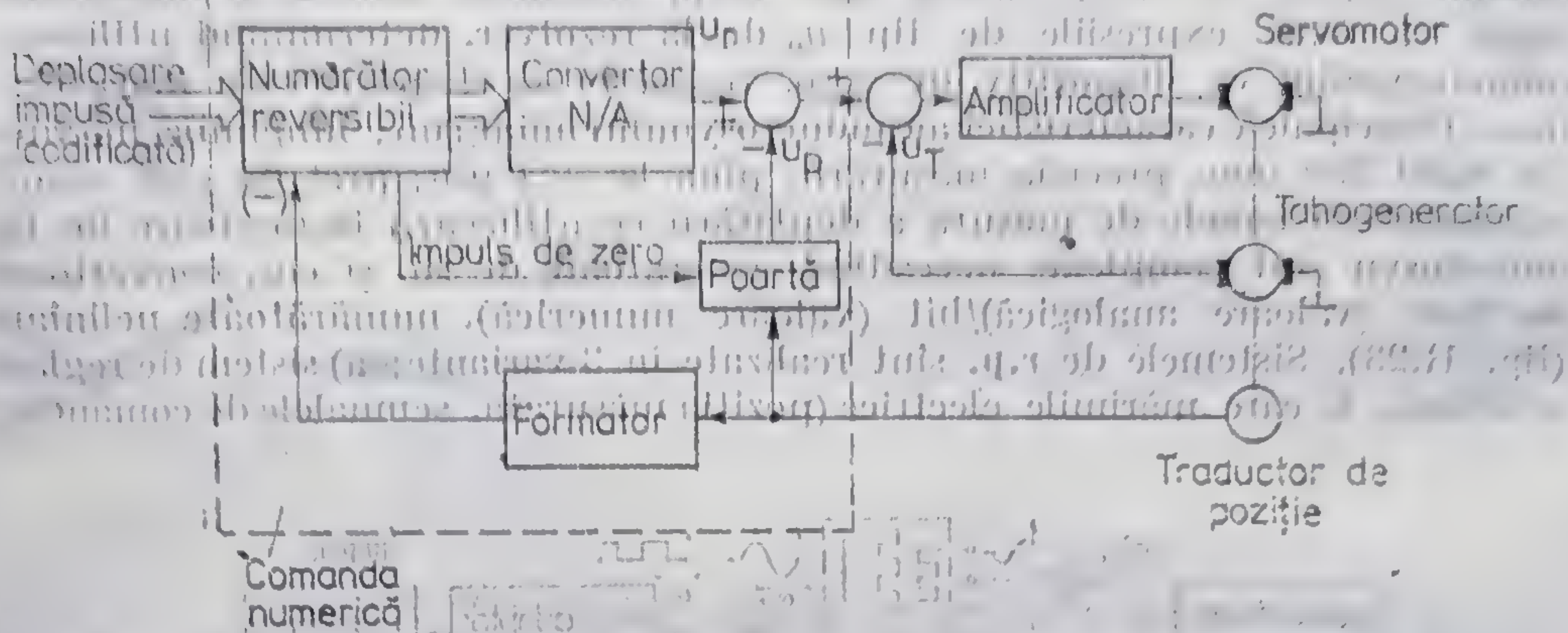


Fig. R.24. Sistem de poziționare incrementală.

țional cu conținutul număratorului reprezentind abaterea de poziție convertită. Bucla de viteză este în întregime analogică, constind din amplificator, servomotor de curent continuu cu magneți permanenți și tahogenerator. În general, prelucrarea numerică a informației de deplasare (referință, reacție, abatere) creează premisele încadrării blocurilor numerice de măsură în sisteme de poziționare implementate în tehnica *TTL*, fie cu circuite integrate pe scară medie, fie cu componente din familia microprocesoarelor, oferind precizii ridicate pentru reglarea poziției. Realizarea regimurilor de accelerare/decelerare cit și menținerea constantă a vitezei de deplasare poate fi obținută astfel prin mijloace software, conferind sistemului de reglare caracteristici unitare de prelucrare în timp real a informației.

**reglarea presiunii**, obiectiv al automatizării proceselor industriale ce constă în menținerea unei valori impuse de presiune. Informația tehnologică necesară reglării este furnizată de traductoare de presiune. Acestea au de regulă elemente sensibile de tip elastic care transformă presiunea într-o deplasare ce la rîndul ei este convertită în semnal electric (de ex., tub Bourdon pentru presiuni relative și diferențiale, de la 1 at la zeci sau sute de atmosfere, membrană pentru presiuni pînă la ordinul atmosferelor, burduf (silfon), pentru presiuni sub o atmosferă). La presiuni joase (sub cea atmosferică) se folosesc traductoare de presiune cu clopot sau cu balanță inelară și în apropierea presiunii zero (vid) se folosesc vacuometre cu fir cald (de ex., vacuometrul Pirani). În ultimii ani se folosesc elemente sensibile de tip piezorezistiv, care constau în difuzarea unor zone de rezistență sensibile la presiune într-un suport de Si, cu o tehnică similară cu cea a producerii circuitelor integrate. Procesele în care se reglează presiunea se caracterizează prin constante de timp reduse și timp mort mic, de aceea pentru procese la care nu se impun condiții deosebite este suficientă utilizarea reglatoarelor de tip *P*. Un exemplu este prezentat în fig. R.25, în care presiunea într-un rezervor este reglată prin modificarea debitului de fluid admis. În situațiile în care perturbațiile de sarcină sînt mai importante sau presiunea trebuie menținută riguros constantă, trebuie utilizate legi de reglare mai puternice (*PI*, *PID*,



s.a.). În fig. R.26 se prezintă o buclă de reglare a presiunii într-un cuplor cu combustibil. Presiunea relativă (față de presiunea atmosferică) furnizează o reacție regulatorului de presiune care printr-un element de exe-

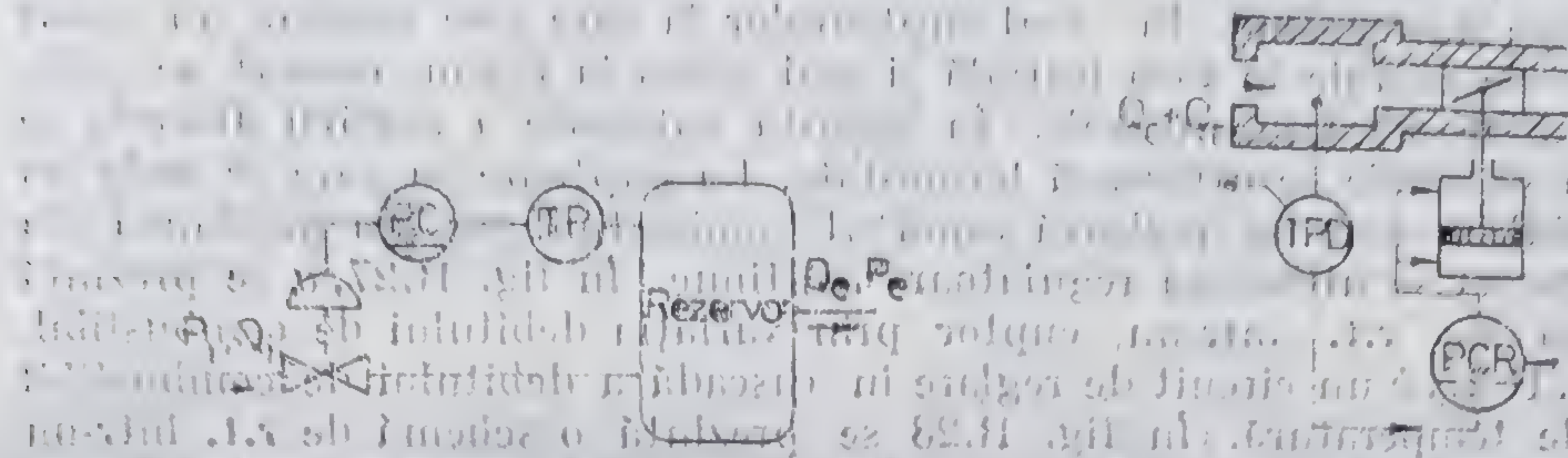


Fig. R.25. Sistem de reglare a presiunii într-un rezervor.

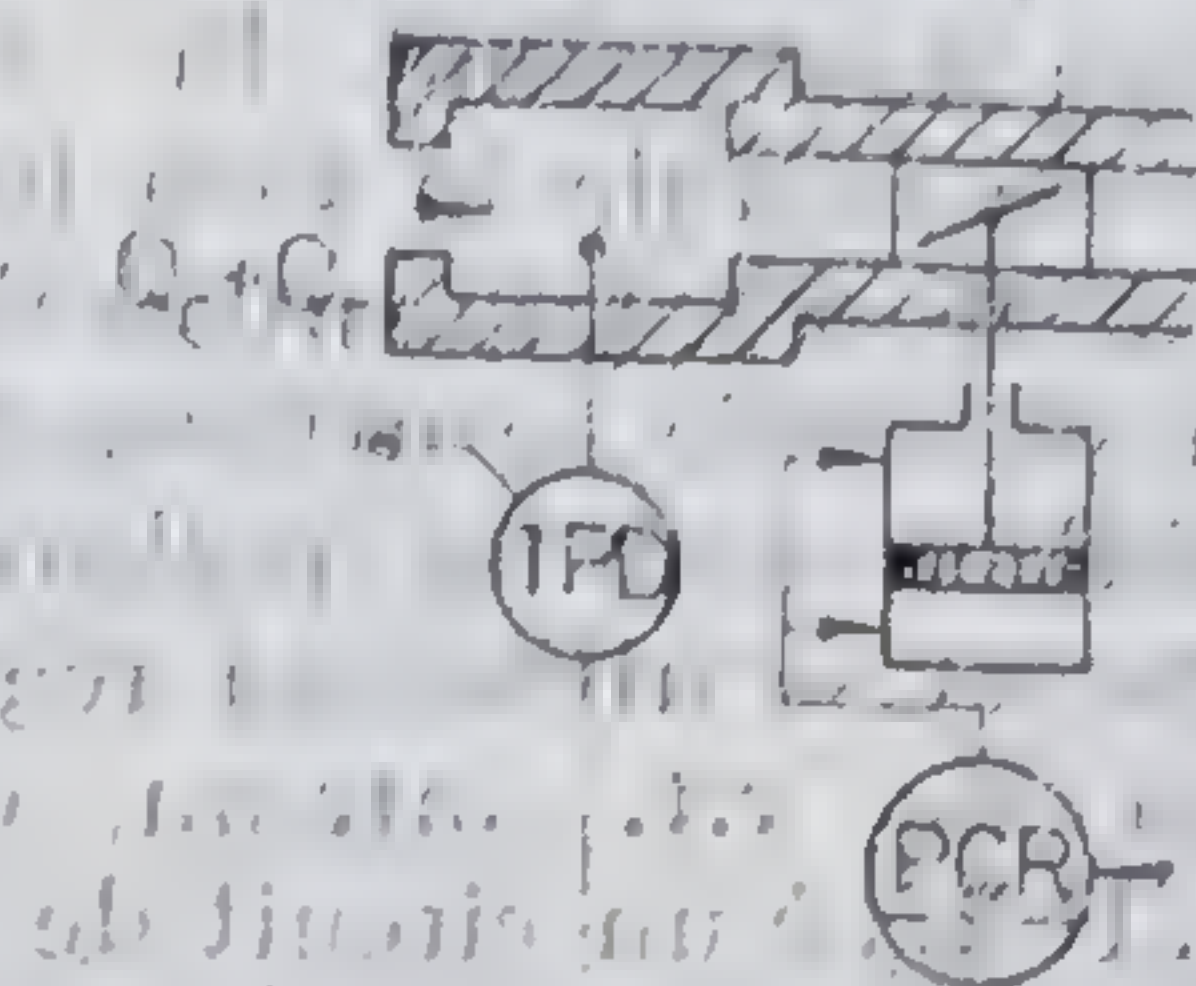


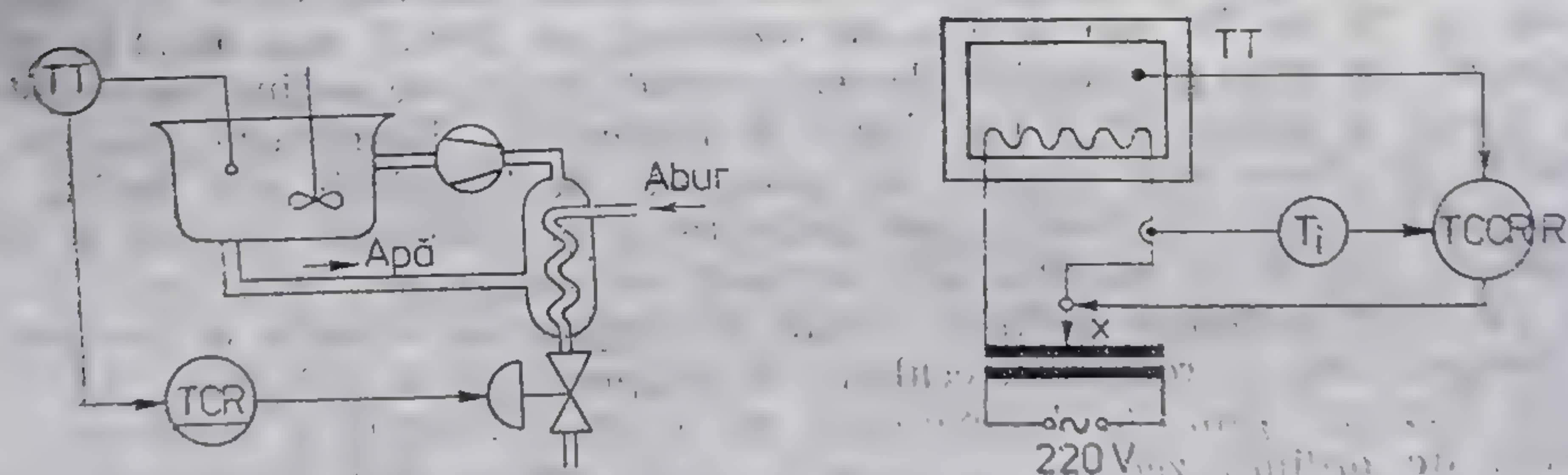
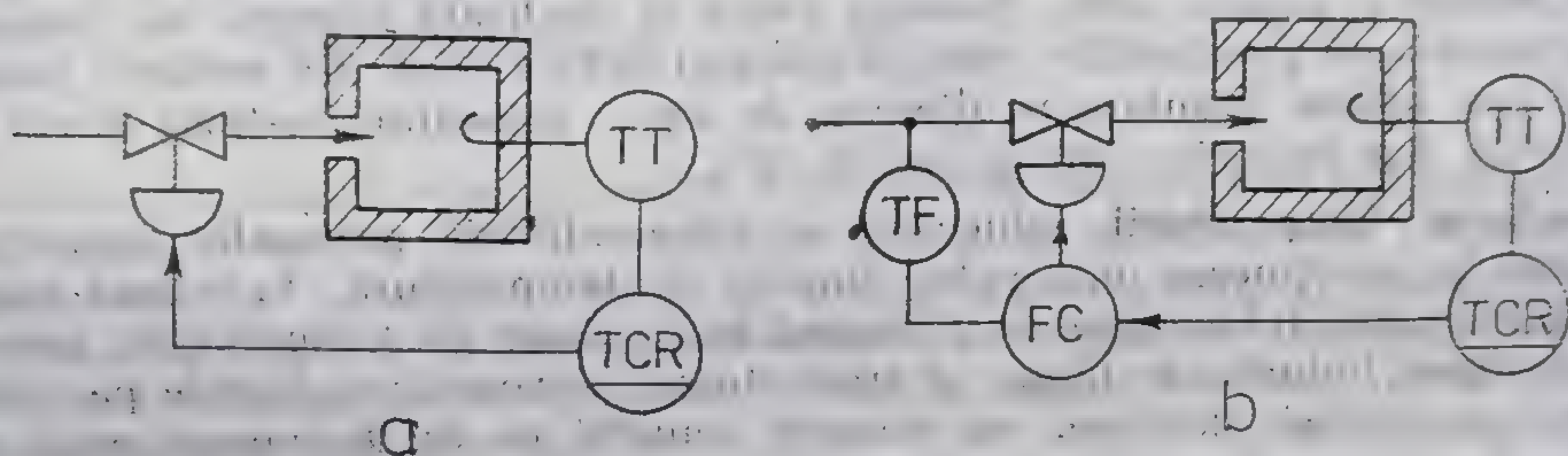
Fig. R.26. Sistem de reglare a presiunii într-un cuplor cu combustibil.

cuție de tip servomotor pneumatic modifică poziția clapetei pe conducta de evacuare a gazelor arse. Schema poate fi realizată integral cu elemente de automatizare pneumatice (semnal unificat 0,2—1 bar). La reglarea presiunii se pot utiliza regulatoare directe de tip presostat, instalat direct pe conductă, dar precizia este în jur de 2%.

**reglarea temperaturii,** obiectiv al automatizării proceselor industriale constind în menținerea unei valori impuse de temperatură. În scopul asigurării informației tehnologice se utilizează traductoare de temperatură, principalele tipuri industriale fiind: a) traductoare parametrice, bazate pe modificarea rezistenței electrice, cu element sensibil de tip termorezistență sau de tip termistor. Materialele utilizate în termorezistențe trebuie să aibă un coeficient de variație cu temperatura mare, stabilitate mecanică și termică, variație cât mai liniară a rezistenței cu temperatura, în domenii de temperatură —200... 500°C. Principalele termorezistențe utilizate în R. S. România sînt cu fir de Pt sau de Cu, cu rezistență de 100 Ω sau 50 Ω la 0°C. Constantele de timp ale acestor elemente sensibile sînt de ordinul secundelor (fără teacă) și peste 10 s (cu teacă de protecție). Termistorii prezintă o constantă de timp mai redusă, dar domeniul de liniaritate este limitat la câteva zeci de grade; b) traductoare generatoare cu elemente sensibile de tip termocuplu, bazate pe apariția unei tensiuni electromotoare între două joncțiuni ale unor materiale distincte aflate la temperaturi diferite (o joncțiune la o temperatură de referință, cealaltă la temperatura de măsurat). Termocuplele lucrează pînă la temperaturi de 1 500... 1 600°C, și au constante de timp de ordinul zecilor de secunde (mult reduse dacă termocuplul nu are teacă). Principalele termocupluri sînt de tip fier-constantan (pentru temperaturi pînă la 600... 700°C), cromel-alumel (pînă la 1 200°C) și de platin-platin rhodiu (pînă la 1 500°C); c) pirometre de radiație utilizate pentru măsurarea temperaturilor ridicate (pînă la 3 000°C), bazate pe principiul cantității de căldură radiată de un corp, utilizînd fie radiația totală fie radiația monocromatică și fiind caracterizate prin constantă de timp redusă (de ordinul secundelor); d) termometre manometrice, formate dintr-un bulb în care se găsește un lichid sau un gaz ale cărui caracteristici fizice se modifică cu temperatura (de regulă, presiunea, măsurată apoi cu un element sensibil de tip tub Bourdon), avînd de asemenea o constantă de timp redusă (1—5 s). Sistemele de r.t. sînt de fapt sisteme de reglare a transferului de căldură, adică a unor procese cu constante de timp relativ mari și la care deseori



se evidențiază și timpul mort. La aceste procese, de ex., la r.t. în cuptoare electrice, cuptoare cu tuburi radiante, cuve, se utilizează regulatoare bipoziționale, cu bune rezultate, obținându-se o abatere mai mică de 1 % față de mărimea de referință. În cazul cuptoarelor la care este necesar un aport mai mare de energie în faza inițială și mai redus la regim normal, se utilizează regulatoare tripoziționale. În această categorie a reglării discrete se înscriu și sistemele ce utilizează termostate. La cuploare în care se arde un combustibil la care se reglează raportul combustibil-aer sau presiunea din cuptor (focar) se utilizează regulatoare continue. În fig. R.27, *a* se prezintă o schemă de r.t. într-un cuptor prin variația debitului de combustibil, iar în fig. R.27, *b* un circuit de reglare în cascadă a debitului de combustibil funcție de temperatură. În fig. R.28 se prezintă o schemă de r.t. într-un sistem având două acumulatoare de căldură: unul format de materialul ce trebuie încălzit la o anumită temperatură, celălalt de apa care circulă printr-o cuvă fiind antrenată de o pompă și încălzită de la un schimbător de căldură separat. Elementul de execuție este un robinet de reglare amplasat pe conducta de aer a schimbătorului. În fig. R.29 se prezintă o schemă de r.t.



Într-un cuptor electric (cu rezistență electrică la incandescență), alimentat prin transformatorul  $TR$  prevăzut cu o priză mobilă pe o rolă ce se deplasează pe circuitul secundar; poziția rolei  $x$  este stabilită de un element de execuție comandat de regulatorul  $R$ , care primește și un semnal proporțional cu curentul de încălzire de la traductorul  $TT$ . Pentru un exemplu de amplasare a unei bucle de r.t. într-un proces mai complex  $\rightarrow$  automatizarea unui cuptor cu combustibil.



reglarea (automată a) tensiunii în sistemele energetice (RAT), sistem de reglare care asigură menținerea la valoarea impusă a tensiunii electrice la consumatori, deci și la nodurile generatoare ale sistemului energetic. RAT aduce mari avantaje în exploatarea sistemului energetic, măbind stabilitatea statică și dinamică, valoarea puterii maxime ce se poate debita în regim static de funcționare, precum și creșterea sensibilității protecției prin relee, evitarea producerii fenomenului de avalanșă de tensiune, asigurarea autopornirii motoarelor asincrone, creșterea indicilor de calitate ai energiei electrice produse și a fiabilității sistemului energetic. Principal există două

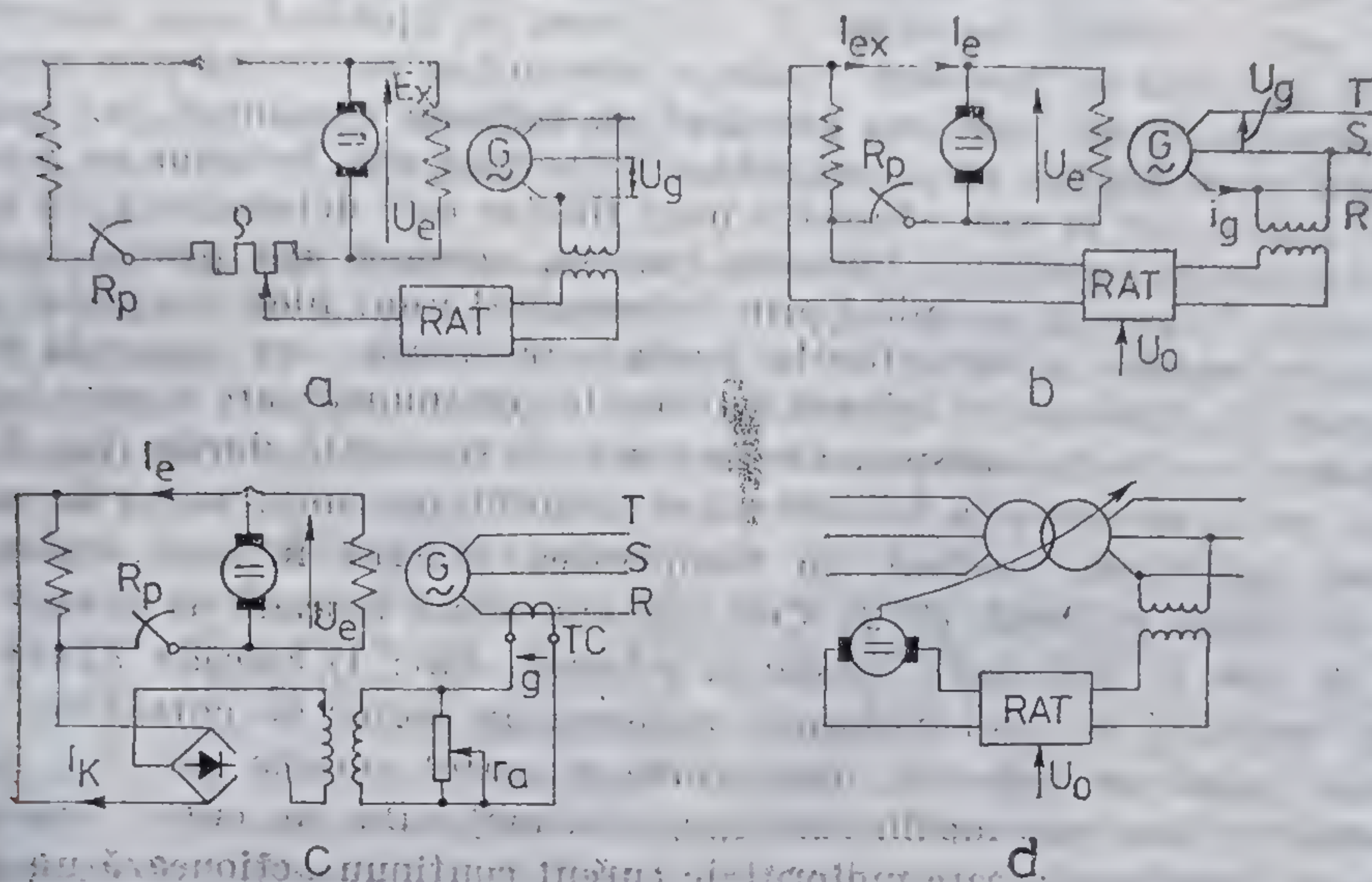


Fig. R.30. Sisteme de reglare a tensiunii.

posibilități pentru reglarea tensiunii pe barele generatorului sau stației electrice: variația tensiunii electromotoare prin variația excitației generatorului sincron și variația reactanței longitudinale a transformatorului. Pentru prima variantă RAT metodele tipice sînt: a) modificarea valorii rezistenței suplimentare  $p$  în circuitul de excitație; b) variația excitației prin alimentarea înfășurării de excitație cu un curent suplimentar, proporțional cu variația tensiunii din statorul generatorului  $U_g$ ; c) compoundarea la care curentul de excitație suplimentar este proporțional cu curentul statoric  $I_g$ , compensînd căderile de tensiune interne. Pentru a doua variantă metoda tipică este d) variația raportului de transformare a transformatoarelor (sau autotransformatoarelor) prevăzute cu reglare sub sarcină prin modificarea prizelor la transformatorul de putere. Variantele moderne permit reglarea automată a raportului de transformare în funcție de variația valorii tensiunii în punctul de instalare a transformatorului sau de variația tensiunii rezultante dintre tensiunea în punctul de instalare și un punct al sistemului energetic.

reglarea turației motoarelor asincrone, acțiune prin care se urmărește modificarea turației motoarelor asincrone, în scopul asigurării unui anumit punct de funcționare pe caracteristica naturală sau pe o caracteristică artificială. Deoarece viteza de rotație este  $n = n_0 (1 - s) = \frac{60 f}{p} (1 - s)$ , unde  $s$  reprezintă alunecarea, rezultă că ea poate fi variată astfel:



a) prin modificarea numărului de poli, ceea ce conduce la o variație în trepte; b) prin modificarea frecvenței tensiunii de alimentare  $f$  (și implicit a tensiunii pentru realizarea unui cuplu constant). Acest lucru se poate realiza prin modificarea directă a frecvenței, cu echipamente de tip ciclo-converter, sau utilizând un convertor intermediar de curent continuu (convertor static); c) prin modificarea alunecării  $s$ , acest lucru putând fi realizat prin modificarea tensiunii de alimentare sau, la motoarele cu rotor bobinat, prin modificarea rezistenței rotorice sau prin conectare în cascade.

**R.t.m.a prin convertizoare statice de frecvență** reprezintă un procedeu care permite reglarea turației motoarelor asincrone (de obicei cu rotor în scurt-circuit) prin variația tensiunii și frecvenței cu ajutorul unui convertizor static de frecvență cu tiristoare. Variația tensiunii se realizează prin circuitul intermediar de curent continuu prevăzut cu redresor comandat, iar variația frecvenței se realizează prin comanda tiristoarelor din inverter cu stinzere automată (inverter la care stingerea unui tiristor este determinată de aprinderea tiristorului următor). Valoarea impusă, comună atât pentru tensiune cât și pentru frecvență, se aplică prin intermediul unui bloc integrator regulatorului de tensiune și convertorului tensiune-frecvență, care comandă blocul distribuitor de impulsuri ce asigură distribuția corespunzătoare a unor trenuri de impulsuri cu durata corespunzătoare gamei de frecvență dorite (fig. P.31).

**R.t.m.a prin conectarea în cascade** oferă posibilitatea unui reglaj de putere constantă sau cuplu constant, cu recuperarea energiei în rețea, dar într-o gamă de reglare restrânsă (1:2). Cele mai cunoscute cascade de curent continuu (la care se redresează tensiunea rotorică) sînt: 1) *cascada Kramer*, la care se montează pe axul motorului asincron un motor de curent continuu alimentat printr-un redresor, recuperîndu-se astfel energia rotorică. Reglarea turației se face prin modificarea excitației motorului de curent continuu; 2) *cascada Scherbius*, la care motorul de curent continuu acționează un generator GS ce debitează energie în rețea; 3) *cascada cu grup redresor — inverter* (cascada Scherbius statică), la care debitarea energiei în rețea se face

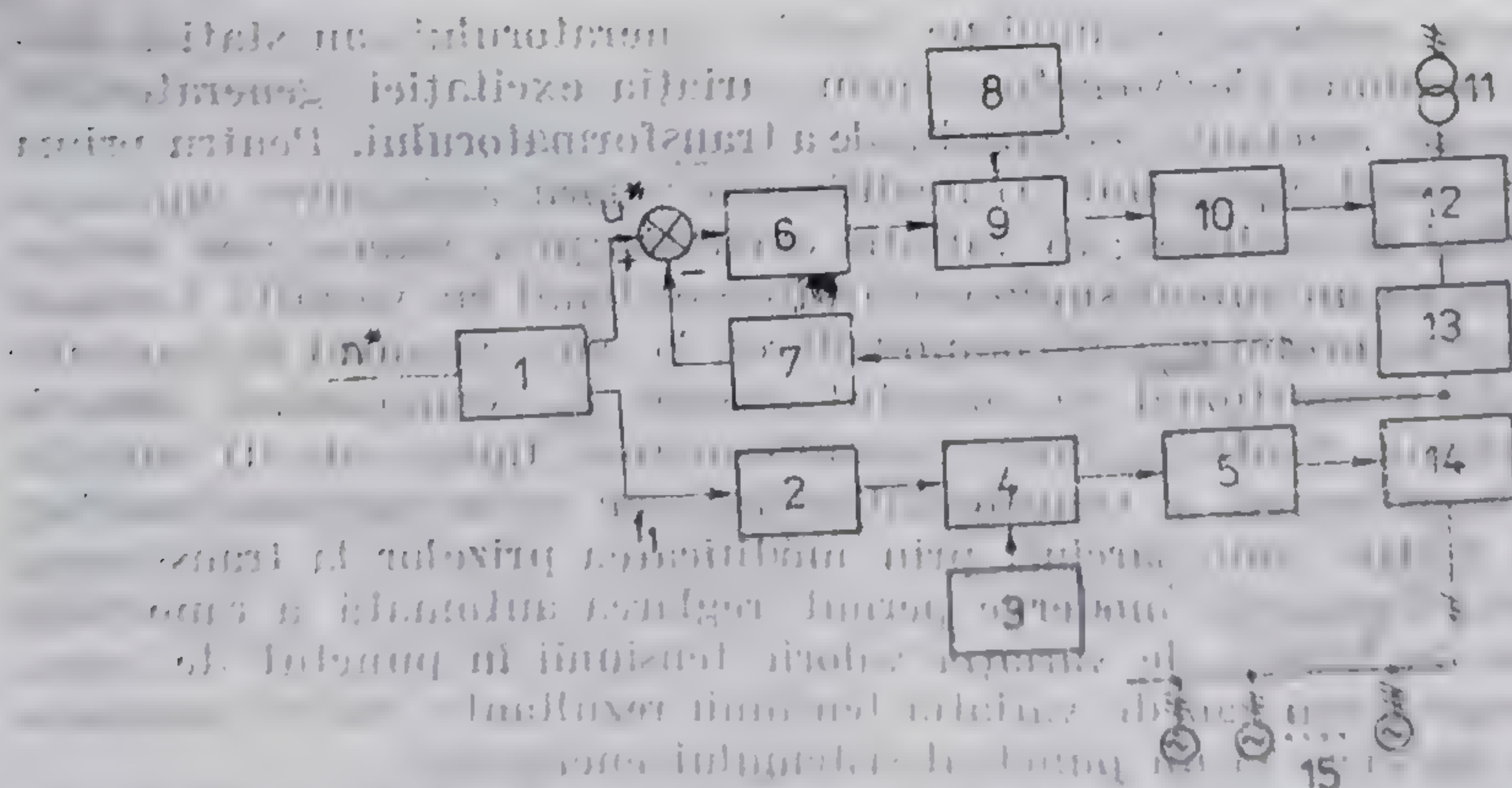


Fig. P.31. Schema de principiu a unui convertizor static de frecvență;

1 — bloc integrator; 2 — convertor tensiune-frecvență; 3 — generator de tact; 4 — bloc distribuitor de impulsuri; 5 — bloc amplificator de ieșire; 6 — regulator de tensiune; 7 — amplificator semnal traductor; 8 — dispozitiv de limitare; 9 — dispozitiv de comandă pe grilă; 11 — transformator de alimentare; 12 — redresor comandat; 13 — filtru; 14 — inverter; 15 — grup de motoare



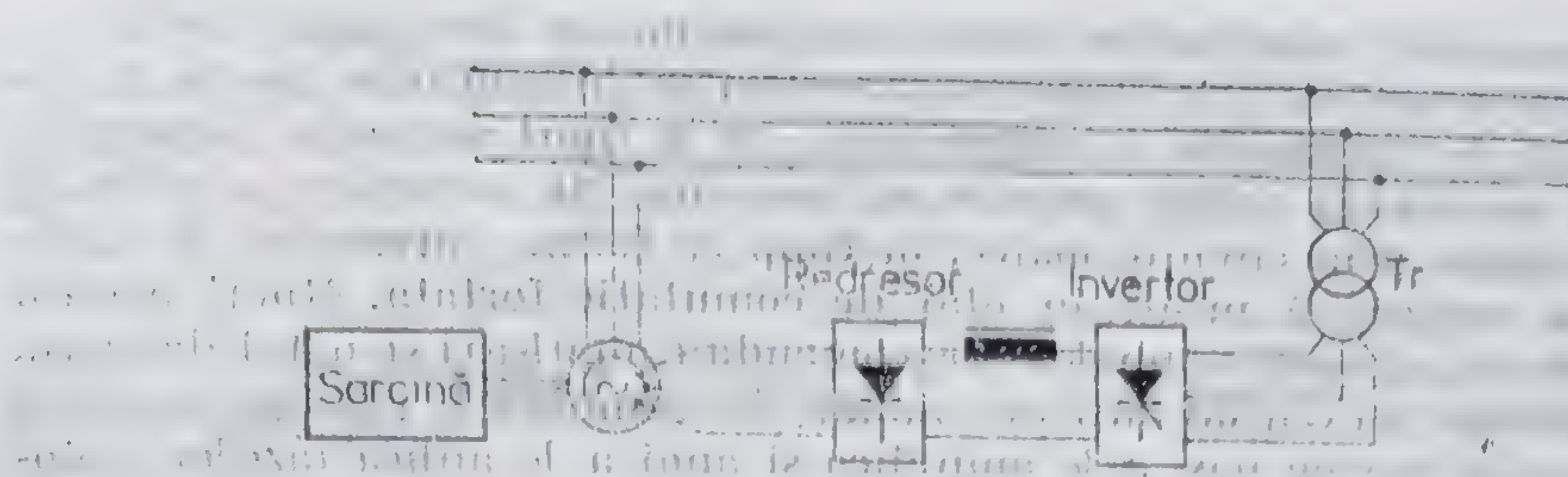


Fig. R.32. Cascada Scherbius statică.

prin intermediul unui redresor comandat cu tiristoare, funcționând în regim de invertor ce alimentează un transformator de adaptare a tensiunilor. (fig. R.32).

reglarea turației motoarelor de curent continuu, modalitate de a modifica turația motoarelor de curent continuu în scopul asigurării unui anumit punct de funcționare pe caracteristica naturală sau pe o caracteristică artificială. Deoarece în principiu turația unui motor de curent continuu depinde de tensiunea contraelectromotoare rotorică  $e$  și de fluxul magnetic statoric  $\Phi$ ,  $n = ke\Phi^{-1}$ , modificarea turației se poate face fie modificând  $e$  (comandă pe indus), fie modificând  $\Phi$  (comandă pe excitație), fie modificând și  $e$  și  $\Phi$ . Pe de altă parte, după felul în care se obține tensiunea de alimentare, se deosebește alimentare de la rețeaua de curent alternativ, prin convertizoare, sau alimentare în impulsuri de la bare de tensiune constantă. În funcție de tipul convertizorului curent alternativ/curent continuu, cele mai moderne și mai frecvent utilizate scheme de reglare din prima categorie sînt cele cu redresoare comandate cu tiristoare. Se mai utilizează scheme de reglare cu amplidină, cu amplificator magnetic și cu grup convertizor rotativ (Ward—Leonard). R.t.m. de c.c. utilizînd redresoare comandate cu tiristoare constituie o metodă de reglare din categoria celor cu alimentare de la rețeaua de curent alternativ, prin intermediul unor convertizoare cu tiristoare, care se pot realiza în diverse variante: monofazat, trifazat, semicomandat (cu tiristoare și diode), și la care unghiul de deschidere al tiristoarelor este

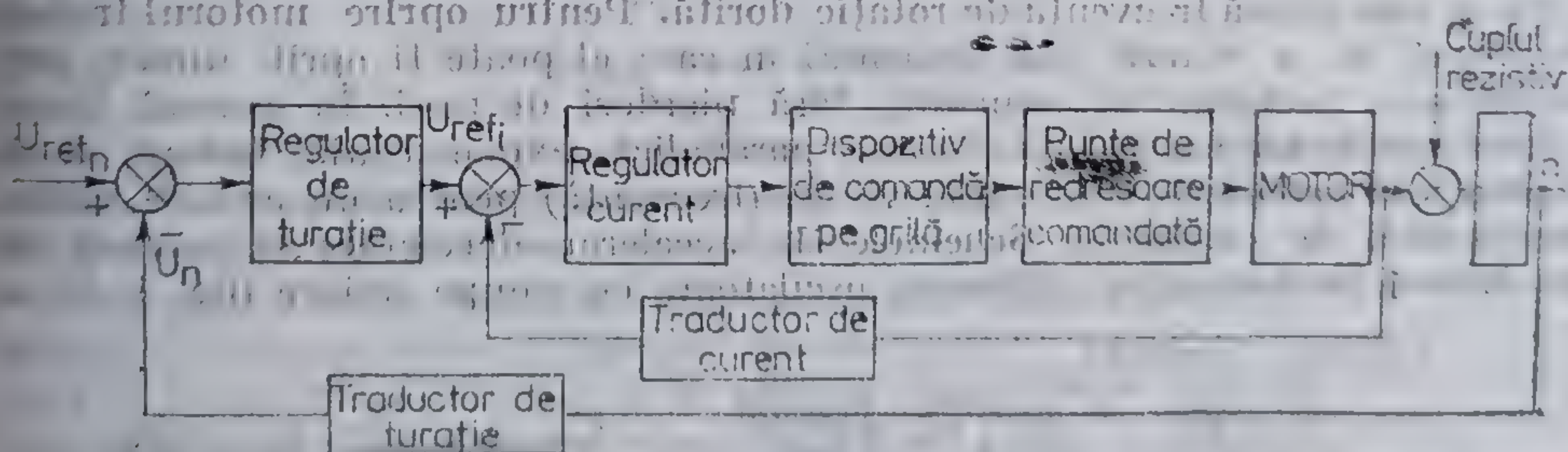


Fig. R.38. Sistem de reglare în cascadă a turației.

comandat de diferența între tensiunea corespunzătoare turației de referință și tensiunea corespunzătoare turației reale. Schema bloc de reglare cea mai utilizată constă într-o reglare în cascadă, în bucla internă fiind reglat curentul rotoric, în cea exterioară turația (fig. R.38).

reglarea turației motoarelor electrice pas cu pas, soluție tehnică avînd drept obiectiv realizarea unui profil de viteză impus pentru deplasarea rotorului motoarelor electrice pas cu pas, utilizînd mijloace de automatizare.



În general, comanda unui motor electric pas cu pas se face printr-un dispozitiv electronic de putere care alimentează secvențial înfășurările fazelor motorului. Sensul de distribuție a alimentării, ca și tipul secvenței (simetrică, nesimetrică, număr de ieșiri) precum și frecvența de comutare a înfășurărilor sînt realizate prin circuite logice, în timp ce forma curentului în fazele motorului se realizează printr-un etaj de comutație forțată. Rolul acestui dispozitiv este de a prelua semnalele de comandă (impulsuri și nivel de sens), de a le distribui secvențial într-un număr de combinații egal cu numărul fazelor motorului pas cu pas, a le amplifica și apoi a le aplica fazelor motorului (fig. R.34). Impulsurile de comandă pot proveni de la un generator de impulsuri reglat manual sau de la un dispozitiv de calcul numeric prin intermediul unui filtru numeric, pentru calibrarea distanței între impulsuri.

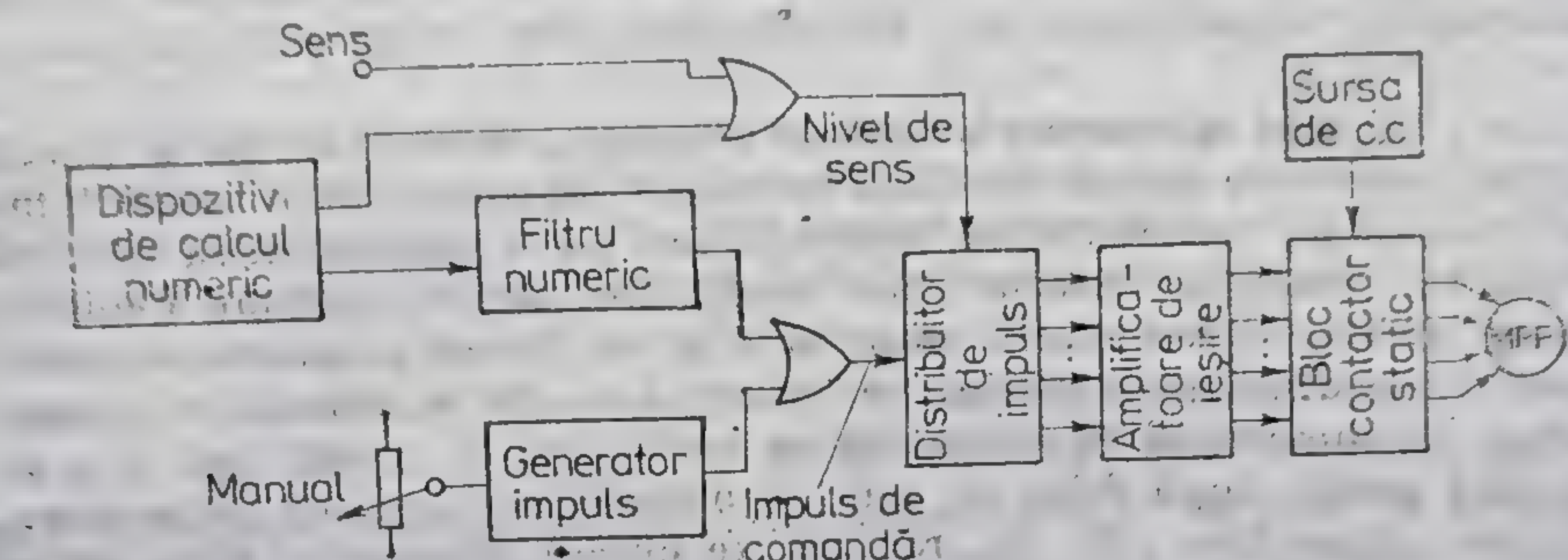


Fig. R.34. Schema bloc de comandă și alimentare a motorului pas cu pas.

Un motor pas cu pas poate fi comandat în circuit deschis (comandă cu impulsuri singulare sau cu tren de impulsuri) sau în circuit închis. Funcționarea unui motor pas cu pas în circuit deschis, la frecvențele de pornire-oprire necesită folosirea unor tehnici de accelerare-decelerare, pentru a împiedica pierderea de pași, adică pornirea la o frecvență scăzută, după care frecvența impulsurilor de comandă este crescută, după un profil impus, pînă ce este atinsă frecvența de rotație dorită. Pentru oprire motorul trebuie decelerat la o viteză din domeniul în care el poate fi oprit direct, prin suprimarea tactului de comandă, fără pierderi de pași. În general, forma pantei accelerării-decelerării (liniară, parabolică, exponențială) trebuie să fie ajustată la caracteristicile cuplu-viteză (frecvență) pentru un anumit sistem motor-bloc de comandă. Schemele de accelerare-decelerare se bazează fie pe tehnici analogice, ce utilizează oscilatoare cu rampe liniare (fig. R.35. a)

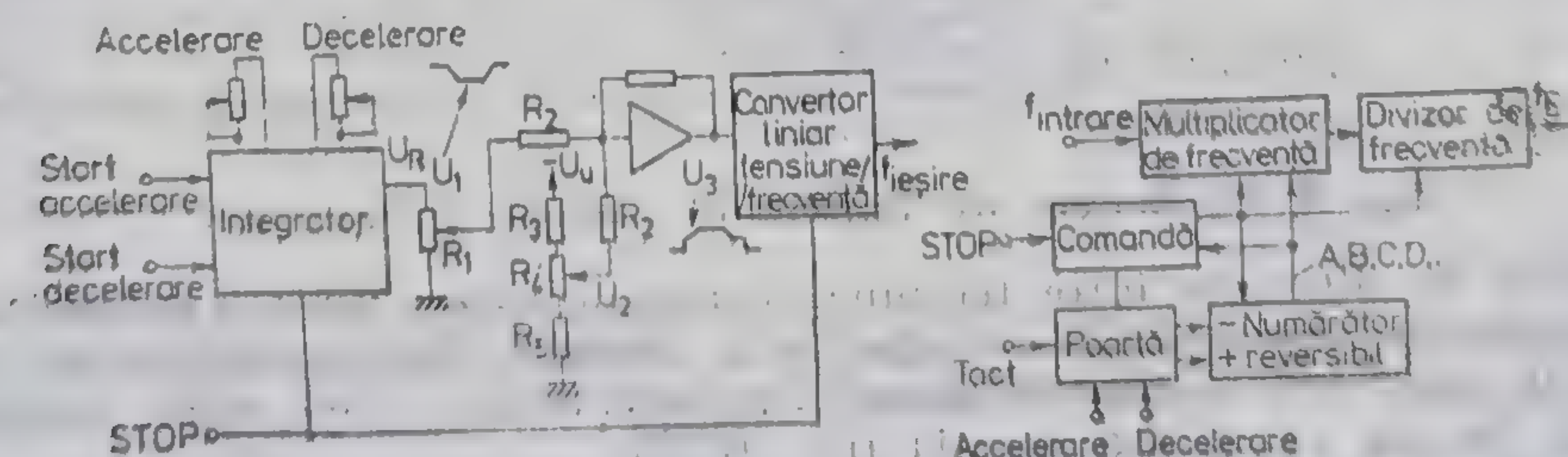


Fig. R.35. Soluții pentru accelerarea/decelerarea motorului pas cu pas.



sau exponențiale, fie pe tehnici numerice, ce utilizează multiplicatoare de frecvență comandate prin numărătoare reversibile (fig. R.35, b). În aplicații de poziționare cu motoare pas cu pas, la care sarcina prezintă fluctuații semnificative, sistemul în circuit deschis este nesatisfăcător, fiind înlocuit în general cu sistemul în circuit închis cu buclă minoră. Pentru a realiza și menține constantă viteza motorului, întârzierea aplicată pe bucla minoră trebuie reglată în concordanță cu variațiile vitezei reale în jurul celei dorite. Reglatoarele numerice de viteză (fig. R.36) conțin 3 elemente: comparator, selector

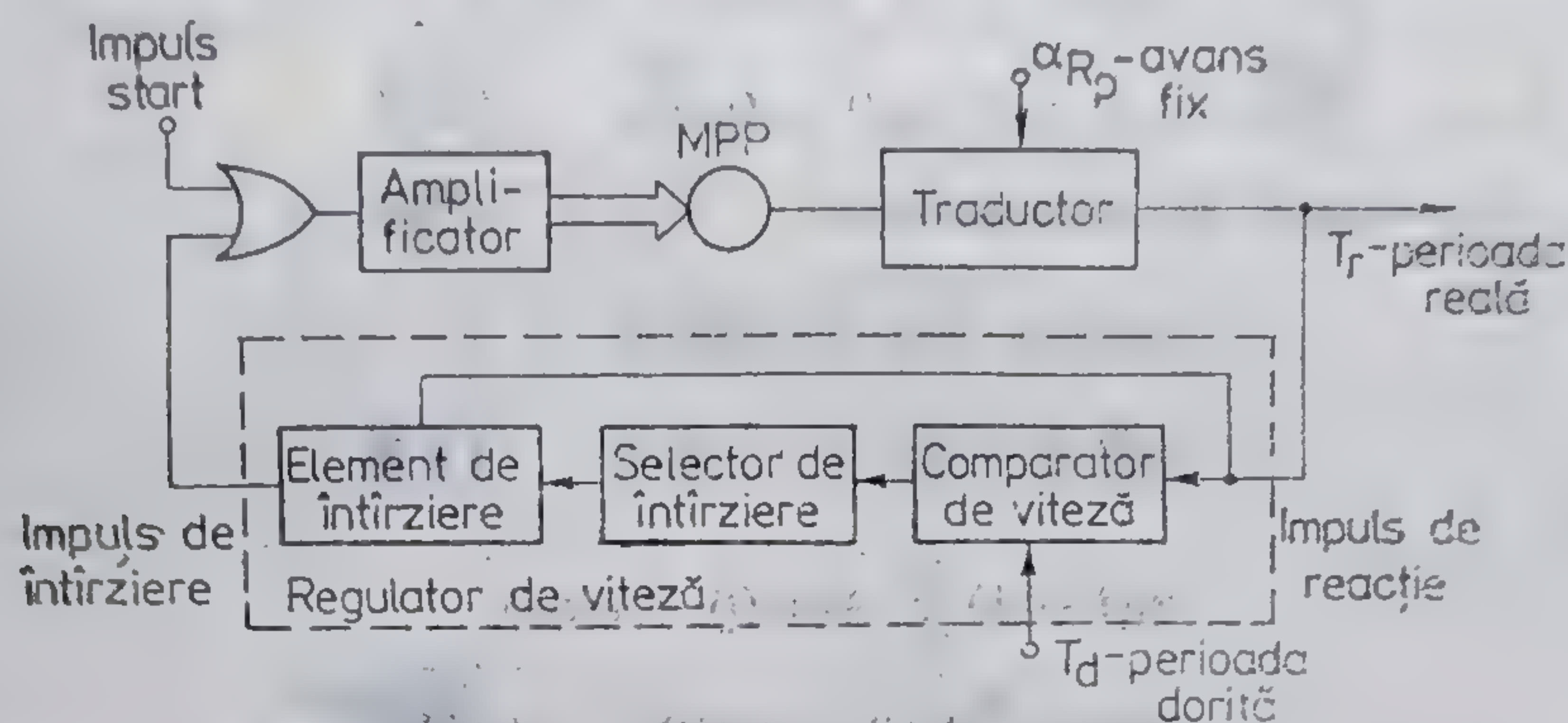


Fig. R.36. Reglarea vitezei motorului pas cu pas cu regulator numeric.

de întârziere și element de întârziere propriu-zis. Comparatorul de viteză compară timpul necesar pentru executarea unui pas cu perioada impusă a pașilor (inversul frecvenței pașilor) și determină dacă viteza medie după ultimul pas efectuat este prea mică sau prea mare. Măsurarea se face după fiecare pas al motorului. Selectorul alege un nou timp de întârziere pentru următorul impuls de la traductor, mărinđ sau micșorinđ în consecință timpul de întârziere precedent. În general, legea care definește selectarea timpului de întârziere pentru al  $(n + 1)$ -lea pas este:

$$\Delta t_{n+1} = \Delta t_n + \delta t (\Omega_r / \Omega_d)$$

unde  $\Delta t_n$  este întârzierea electronică aplicată celui de-al  $n$ -lea impuls;  $\delta t$  — schimbarea timpului de întârziere după ultimul pas;  $\Omega_r$  — viteza medie reală după al  $n$ -lea pas și  $\Omega_d$  — viteza dorită.

regulator, sistem dinamic, component de bază al structurii de → sistem automat, destinat obținerii mărimii de comandă  $u$ , printr-o prelucrare adecvată a erorii  $\varepsilon$ , astfel încît să se asigure îndeplinirea dezideratelor de conducere formulate la nivelul mărimii de calitate  $z$  (sau al mărimii măsurate  $y$ ), deziderate ce se concretizează, în general, printr-o listă de performanțe pe care trebuie să le îndeplinească funcția  $z(t)$  (respectiv  $y(t)$ ) (→ performanțele sistemelor automate). În multe cazuri în locul denumirii de  $r$ , (preferat în general în structura clasică de sistem automat cu o intrare și o ieșire) se utilizează aceea de compensator, la ambele denumiri adăugindu-se eventual atributul de automat pentru a specifica modul esențial de lucru al acestui sistem. De asemenea, în cazul în care  $r$  este un sistem liniar el se denumește  $r$ , (automat) liniar (compensator liniar) și neliniar în caz contrar. **R. liniare**



se descriu ca sisteme dinamice liniare invariante, la limita  $\rightarrow$  realizabilități fizice

$$\begin{aligned} \dot{x}_c(t) &= A_c x_c(t) + B_c \varepsilon(t) \\ y(t) &= P_c x_c(t) + G_c \varepsilon(t), \quad t \in \mathbb{R} \end{aligned} \quad (1)$$

în cazul continuu, respectiv

$$\begin{aligned} x_c(t+1) &= A_c x_c(t) + B_c \varepsilon(t) \\ y(t) &= P_c x_c(t) + G_c \varepsilon(t), \quad t \in \mathbb{Z} \end{aligned} \quad (2)$$

dacă r. este discret și care devin

$$\dot{x}_c(t) = A_c x_c(t) + b_c \varepsilon(t) \quad (3)$$

respectiv

$$\begin{aligned} u(t) &= f_c^T x_c(t) + g_c \varepsilon(t), \quad t \in \mathbb{R} \\ x_c(t+1) &= A_c x_c(t) + b_c \varepsilon(t) \\ u(t) &= f_c^T x_c(t) + g_c \varepsilon(t), \quad t \in \mathbb{Z} \end{aligned} \quad (4)$$

în cazul în care r. este cu o intrare și o ieșire. În acest ultim caz funcția de transfer este

$$H_c(s) = g_c + f_c^T (sI - A_c)^{-1} b_c = g_c + \frac{f_c^T (sI - A_c)^{-1} b_c}{\det(sI - A_c)} = \frac{R_c(s)}{P_c(s)}$$

respectiv

$$H_c(z) = g_c + f_c^T (zI - A_c)^{-1} b_c = g_c + \frac{f_c^T (zI - A_c)^{-1} b_c}{\det(zI - A_c)} = \frac{R_c(z)}{P_c(z)}$$

și reprezintă o rațională proprie ( $\partial[R_c] = \partial[P_c]$ ). Aceasta se aproximează, în unele cazuri, în sensul neglijării constantelor de timp parazite (constante de timp mici în raport cu cele ale părții fixate), rezultând o funcție de transfer neproprie ( $\partial[R_c] > \partial[P_c]$ ); de altfel, însuși cazul funcției de transfer proprii corespunde unei neglijări a cel puțin o constantă de timp parazită. Particularitatea esențială a unui r. ca sistem este aceea că parametrii ( $A_c, b_c, f_c, g_c$ ) se pot modifica în game ce îl fac compatibil cu o clasă întreagă de procese. Modalitatea principală de realizare practică a r. continue este bazată pe structura cu reacție, la care calea directă și rețea au funcțiile de transfer  $H_1(s) = k$  (amplificator ideal) respectiv  $H_r(s)$ , caz în care funcția de transfer în circuit închis este

$$H_i(s) = \frac{H_1(s)}{1 + H_1(s) H_r(s)} = \frac{k}{1 + k H_r(s)} = \frac{1}{\frac{1}{k} + H_r(s)} \quad (5)$$

deoarece  $k$  este foarte mare. Această idee stă la baza construcției industriale de r. standardizate cu legi de reglare de tip P, PI, I, PID cu o largă



aplicabilitate în conducerea convențională a proceselor industriale. Structura generală a unui astfel de r. este prezentată în fig. R.37. În multe cazuri componentele  $P$ ,  $I$ ,  $D$  se realizează cu blocuri separate și prin sumare se

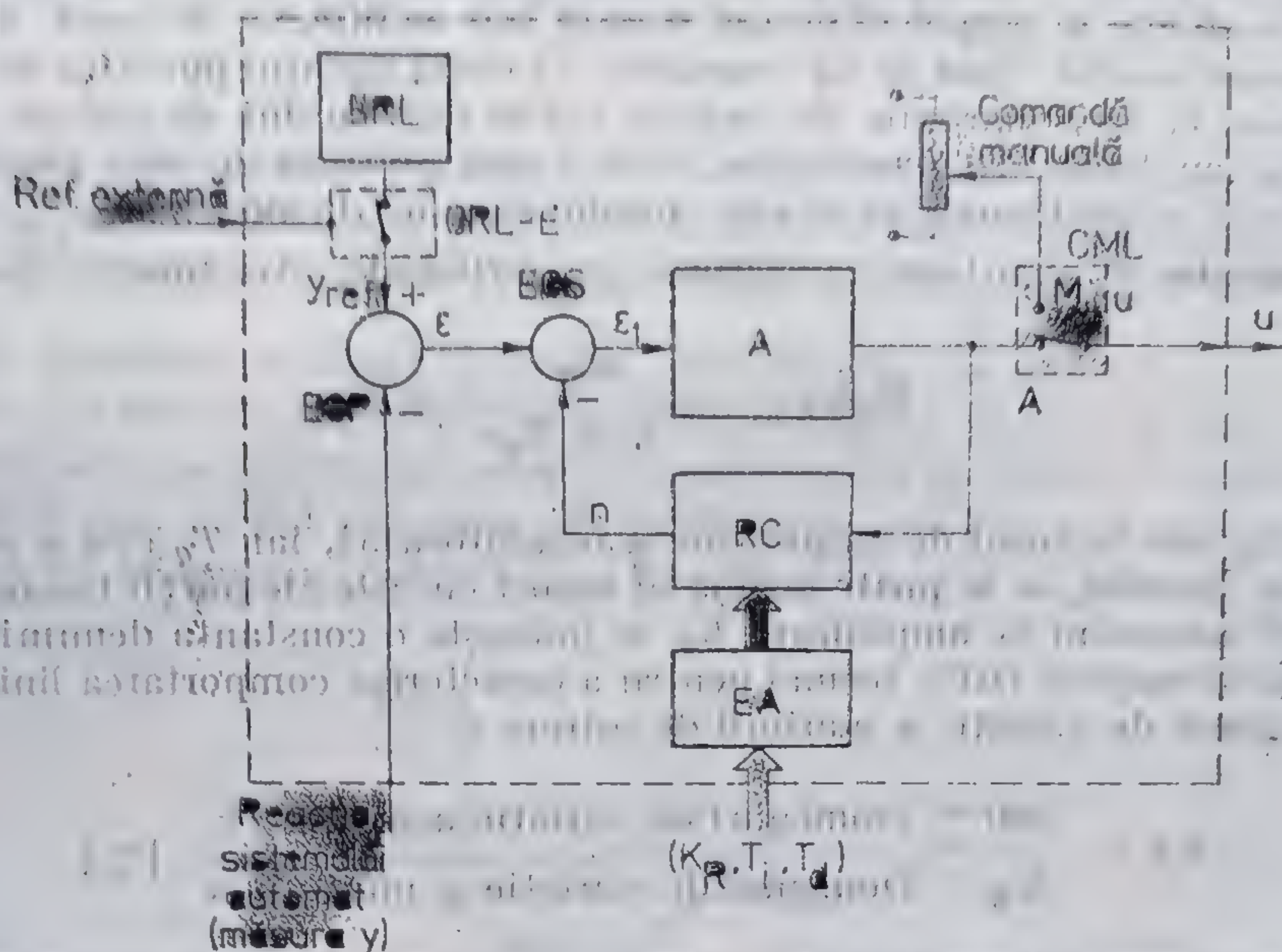


Fig. R.37. Caracteristica structura generală a unui regulator standard :

ERL — element de prescriere a referinței locale; CRL — prescriere; ECS — element de comparație; E — comutator pentru referință locală externă; ECP — element de comparație structură; A — amplificator; RC — rețea de corecție; EA — element de adaptare; CML — comutator manual-automat (local).

pot genera legile clasice de reglare  $P$ ,  $PI$ ,  $PID$ . R. automate se clasifică după:

- a) sursa de energie exterioară solicitată de r.: r. *directe*, atunci când nu este necesară o sursă de energie exterioară, transmiterea semnalului realizându-se pe seama energiei din proces, preluată de traductorul de reacție, și r. *indirecte*, care folosesc o sursă de energie exterioară. R. *indirecte* realizează performanțe de reglare superioare celor directe;
- b) viteza de răspuns a procesului condus: r. *pentru procese rapide*, folosite pentru reglarea mărimilor din instalații tehnologice care au constante de timp mai mici decât ordinul secundelor (de ex. acționări electrice) și r. *pentru procese lente*, pentru conducerea instalațiilor tehnologice cu constante mai mari decât 10 s (de ex. procese chimice);
- c) structura constructivă: r. *unificate*, la care mărimea de intrare  $e$  și cea de ieșire  $u$  sunt semnale de aceeași natură fizică și au aceeași gamă de variație. Aceste semnale se numesc unificate, putând fi de tipul: 0,2...1 kgf/cm<sup>2</sup>; 2...10 mA c.c.; 1...5 mA c.c.; 0...0,5 V c.c., pentru procese lente și -10...0...+10 V c.c.; -5...0...+5 mA c.c. pentru procese rapide. R. automate unificate au avantajul tipizării, al interschimbabilității și permit reglarea mărimilor de natură fizică diferită: r. *specializate* care sunt destinate în exclusivitate reglării unei singure mărimi specifice dintr-o instalație tehnologică. Acestea au construcții speciale și funcționează cu semnale cu caracteristici particulare, corespunzătoare aplicației respective;
- d) tipul acțiunii realizate: r. *cu acțiune continuă*, la care eroarea  $e$  și comanda  $u$  variază continuu în timp, în funcție de legea de dependență  $f(\cdot)$ , între intrare și ieșire  $u = f(e)$ ; pot fi liniare sau neliniare. R. continue



liniare sînt de tipul:  $P$ ,  $PI$ ,  $PID$ , ș.a., iar cele neliniare pot fi de tipul bipozițional, tripozițional, ș.a.; cu acțiune discretă, r. la care mărimea de ieșire  $u$  este formată dintr-o succesiune de impulsuri, mărimea de intrare (eroarea) fiind o mărime continuă. Impulsurile de la ieșirea blocului de reglare discretă pot fi modulate în amplitudine sau durată sau codificate, în acest ultim caz r. automat discret fiind de tip numeric; e) după agentul purtător de energie: *electronice*, la care mărimile de intrare  $\varepsilon$  și de ieșire  $u$  sînt de natură electrică (curenți sau tensiuni); *pneumatice*,  $u$  și  $\varepsilon$  sînt presiuni de aer; *hidraulice*, la care  $\varepsilon$  este o deplasare, iar  $u$  este presiunea unui lichid.

regulator  $P$ , regulator cu acțiune proporțională. Are funcția de transfer

$$H_R(s) = \frac{K_R}{1 + T_q s} \approx K_R$$

unde  $K_R$  este factorul de amplificare a regulatorului, iar  $T_q$  este o constantă de timp parazită, ce se poate neglija în raport cu cele ale părții fixate. Uneori în locul factorului de amplificare  $K_R$  se folosește o constantă denumită *bandă de proporționalitate* (BP), tocmai pentru a caracteriza comportarea liniară doar într-o gamă de variație a mărimii de intrare  $\varepsilon$ :

$$BP = \frac{100}{K_R} \cdot \frac{\text{Domeniul de variație a mărimii } \varepsilon}{\text{Domeniul de variație a mărimii } u} [\%]$$

Acest regulator, intervenind în același mod asupra întregii caracteristici de frecvență nu permite satisfacerea simultană a performanțelor de regim staționar (permanent) și tranzitoriu. Caracteristica statică a acestui regulator este prezentată în fig. R. 38.

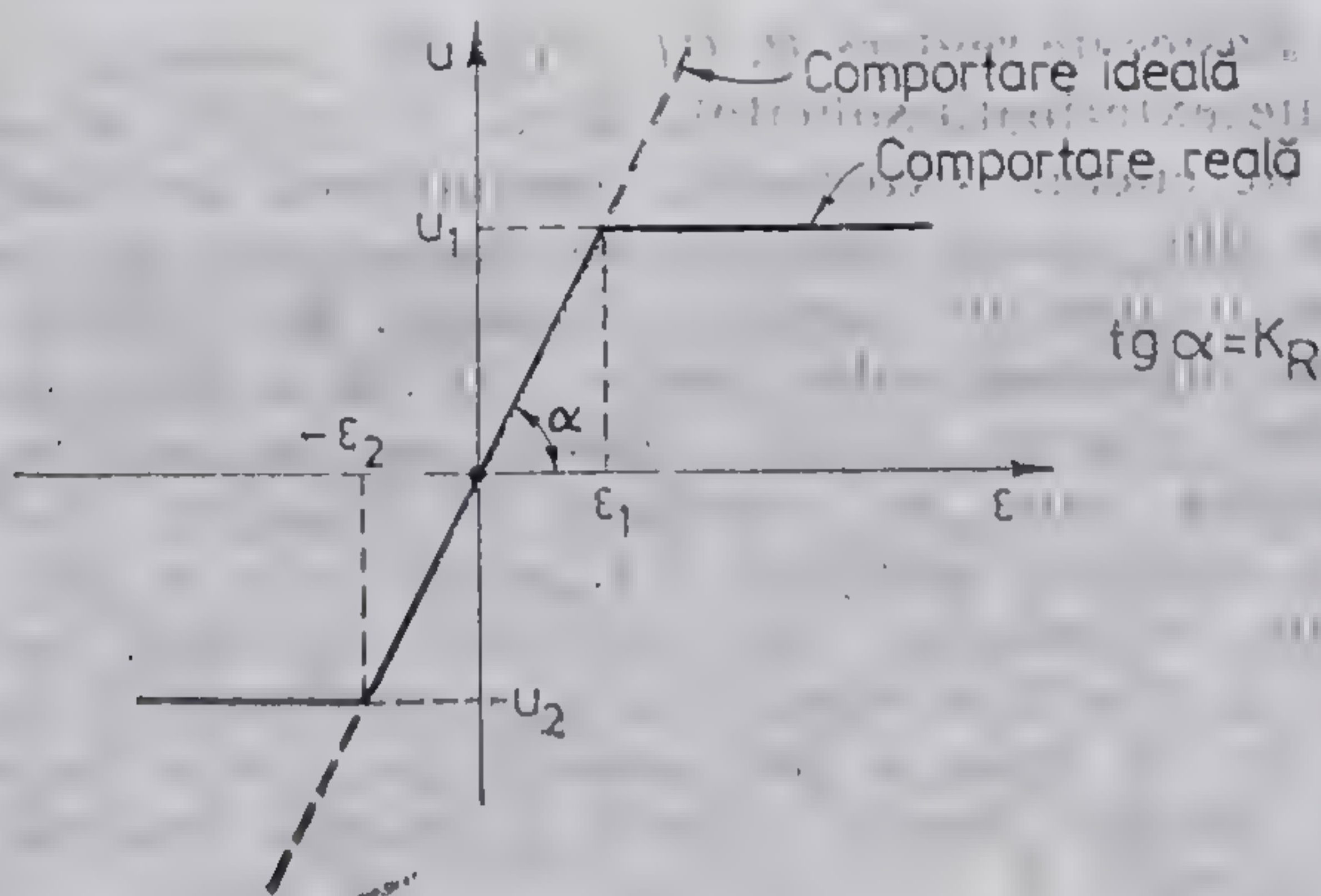


Fig. R.38: Caracteristica statică a unui regulator  $P$ .

regulator  $PI$ , regulator cu acțiune proporțional-integrală. Are funcția de transfer

$$H_R(s) = K_R \frac{1 + T_i s}{T_i s (1 + T_q s)} \approx K_R \frac{1 + T_i s}{T_i s} = K_R \left[ 1 + \frac{1}{T_i s} \right]$$



adică dependența de timp intrare-ieșire este

$$n(t) = K_R \left[ \varepsilon(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t \varepsilon(t) dt \right]$$

și unde  $K_R$  este factorul de amplificarea, iar  $T_i$  constanta de timp de integrare. Prezența polului  $p = 0$  în  $H_R(s)$  ( $1/s$  este modelul intern al clasei de funcții de tip treaptă) asigură îndeplinirea condiției de reglare  $\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = 0$  la semnale

externe sistemului automat (referință, perturbații) din clasa de funcții de tip treaptă. De asemenea, prin prezența a doi parametri  $K_R$ ,  $T_i$  în  $H_R(s)$  se poate asigura o acțiune diferențială asupra caracteristicii de frecvență a părții fixate  $H_F(j\omega)$  și deci se pot satisface atât performanțe de regim permanent, cât și tranzitoriu. Răspunsul indicial al r. PI este dat în fig. R. 39.

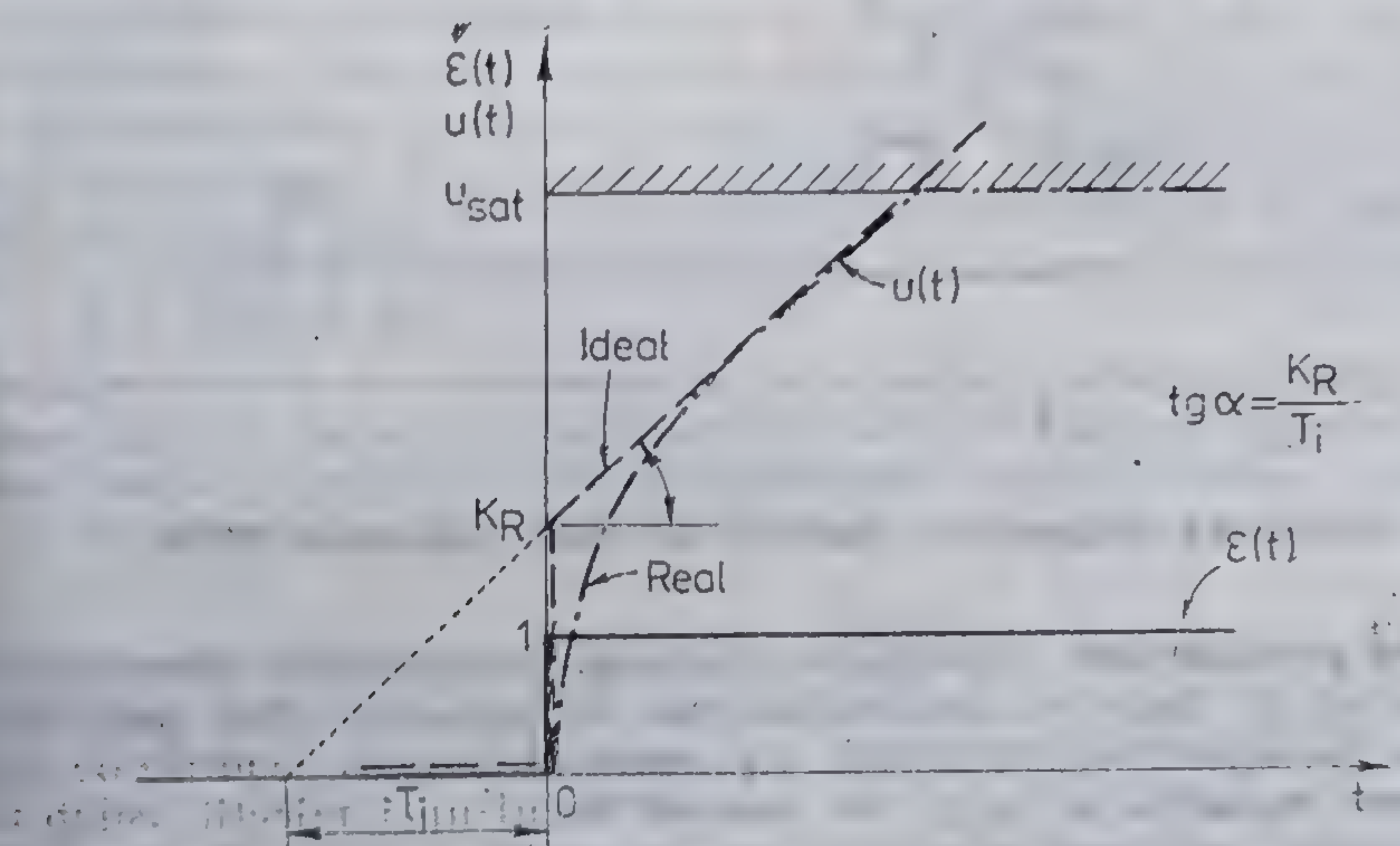


Fig. R.39. Răspunsul indicial al unui regulator PI.

regulator PID, regulator cu acțiune proporțional-integral-derivativă  
A re funcția de transfer

$$H_R(s) = K_R \frac{1 + T_i s + a_2 s^2}{T_i s (1 + T_{q1} s) (1 + T_{q2} s)} \approx K_R \frac{1 + T_i s + a_2 s^2}{T_i s}$$

$$= K_R \left[ 1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{a_2}{T_i} s \right] = K_R \left[ 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right]$$

unde  $K_R$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  reprezintă factorul de amplificarea, constanta de timp de integrare, respectiv derivare, și unde  $T_i$  și  $T_d$ , în general, nu sînt independente, raportul  $T_d/T_i = \alpha$ , numindu-se factor de corelație și este specific fiecărui







îndeplinind  $x(0) = 0$ , să se comporte astfel încât

$$z(t) \equiv 0, \quad \forall t \geq 0$$

pentru orice perturbare  $v$ . Aceasta revine la faptul că matricea de transfer de la  $v$  la  $z$

respectiv

$$T(s) = D(sI - A - BF)^{-1}(E + BG)$$

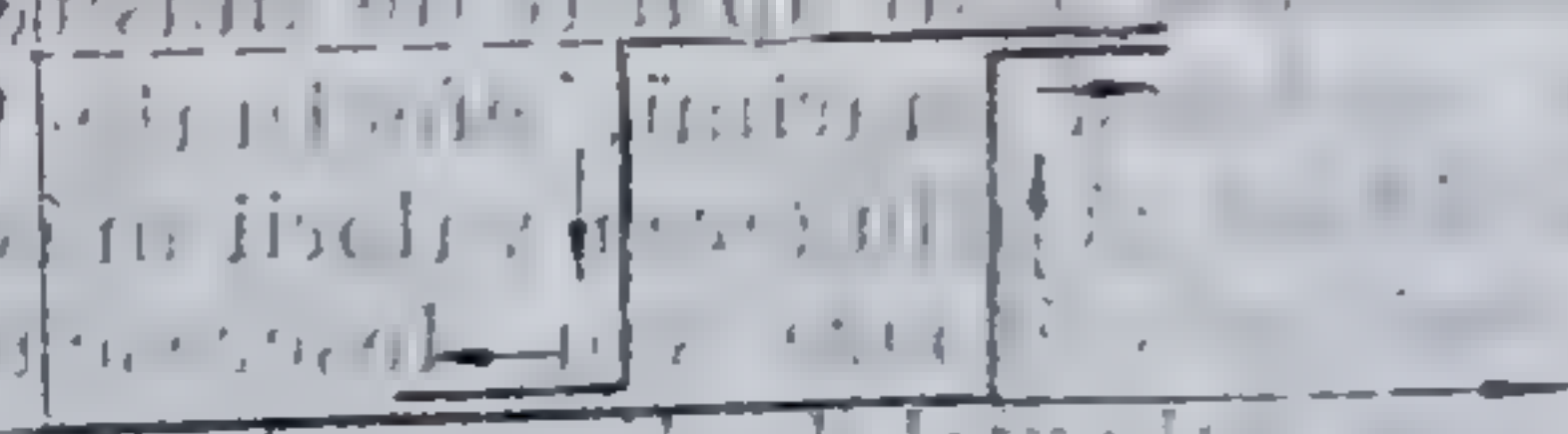
să fie identic nulă,  $T(s) \equiv 0$ . Problema de rejecție exactă a perturbațiilor se poate combina cu problemele de stabilizare, reglare sau chiar de alocare.

**relație de echivalență**, relație binară între două elemente  $a \in A$ ,  $b \in B$ , unde  $A$  și  $B$  sînt mulțimi, iar elementul obținut prin relația  $R$ , care se notează  $aRb$ , aparține unei submulțimi a produsului cartezian  $A \times B$  și care se bucură de proprietățile de reflexivitate ( $aRa$ ), de simetrie (dacă  $a_1Ra_2$ , atunci  $a_2Ra_1$ ) și tranzitivitate (dacă  $a_1Ra_2$  și  $a_2Ra_3$ , atunci  $a_1Ra_3$ ). Orice relație de echivalență  $R$  pe o mulțime  $A$  determină o partiție a lui  $A$  (și reciproc, orice partiție a lui  $A$  determină o relație de echivalență în  $A$ ). Submulțimile care alcătuiesc această partiție se numesc clase de echivalență în raport cu  $R$ . Mulțimea formată din clasele de echivalență în raport cu  $R$  se numește mulțimea cit a lui  $E$  prin  $R$  și se notează  $E/R$ .

**releu**, element de automatizare cu o caracteristică neliniară, la care mărimea de ieșire variază brusc (în salt) atunci cînd mărimea de intrare, variînd în mod continuu, ajunge la o valoare prescrisă, numită valoare de acționare (fig. R. 41). Variația mărimii de intrare este continuă (analogică), în timp ce

Fig. R. 41. Caracteristica intrare-iesire a unui releu:

$I_e$  — cîrșt de intrare;  $I_{e0}$  — valoare de excitare;  
 $I_{ea}$  — valoare de deexcitare;  $I_{e0}$  — cîrșt de ieșire.



variația mărimii de ieșire este discretă (logică), putînd lua doar două valori cărora li se asociază simbolurile logice 0 și 1 (de ex.,  $I_e = 0$  sau  $I_e = I_{e0} = 1$ ). Din acest motiv r. sînt utilizate în schemele de automatizare discretă, de tip combinațional sau secvențial. O altă clasă de aplicații o constituie utilizarea r. în reglarea bipozițională a proceselor industriale. Clasificarea r. se face pe baza următoarelor criterii: a) după natura mărimii de intrare: r. de mărimi electrice (r. de curenți, de tensiune, de frecvență, de putere, de impedanță etc.); r. de mărimi neelectrice (r. de presiune, de temperatură, mecanice, de debit etc.); b) după modul de realizare a saltului în circuitul de ieșire: r. cu contacte; r. fără contacte (statice), realizate cu componente electrice; c) după sensul de variație al mărimii de intrare în momentul acționării: r. maxime (de maximum) a căror acționare se produce atunci cînd mărimea de intrare (de ex., curenții) depășește o anumită valoare maximă; r. minime (de minimum) a căror acționare se produce atunci cînd mărimea de intrare (de ex., tensiunea) scade sub o valoare minimă; r. directionale (de sens) a



carelor acționare se produce atunci când mărimea de intrare (de ex., puterea) are un anumit sens de circulație (pozitiv sau negativ);

d) după principiul de funcționare, r. de mărimi electrice se împart în: r. electromagnetice, magnetoelectrice, electrodinamice, de inducție, electrotermice etc. e) după domeniul de aplicare: r. de protecție; r. de automatizare; r. telefonice;

f) după mărimea intervalului de timp între momentul atingerii valorii de acționare și momentul basculării: r. *instantanee*, la care intervalul de timp considerat este practic nul; r. *temporizate*, la care acest interval de timp are o anumită valoare (de ex. în gama 0,5 s. — 5 h).

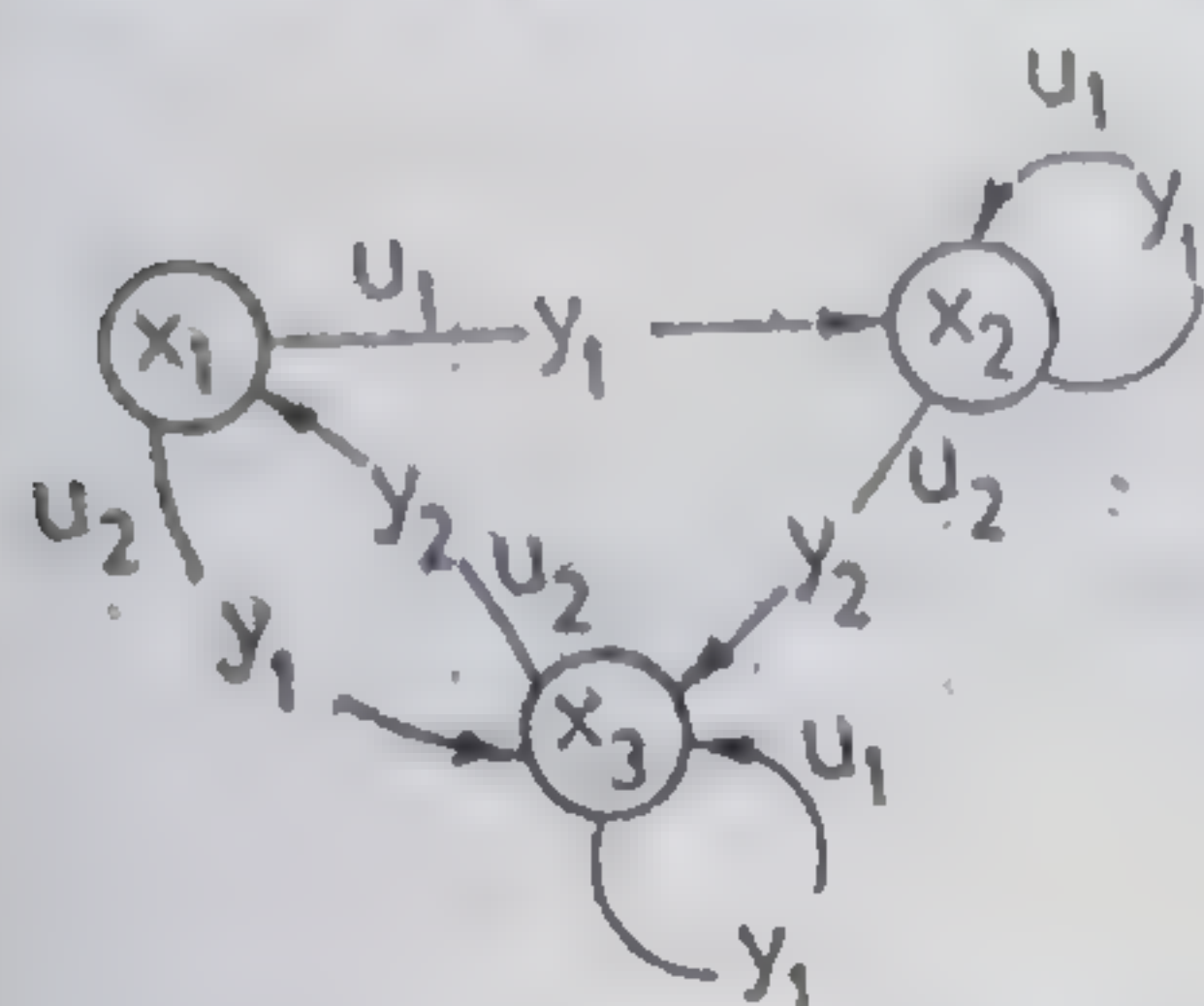
Caracteristicile r. sînt date, în principal, de următoarele mărimi: natura fizică și parametrii mărimii de intrare (de excitare); puterea absorbită la intrare pentru ca releul să acționeze; curentul (puterea) admis de contacte în circuitul de ieșire (curent de închidere, curent de durată, curent de rupere); factorul de revenire; numărul de acționări ale releului, fără ca el să se defecteze; numărul, tipul și poziția contactelor. Independent de domeniul în care se folosesc, funcțiile obișnuite ale r. de diverse tipuri sînt următoarele: funcția de măsurare sau control (în special la r. de protecție), funcția de amplificare (în putere), funcția de multiplicare a numărului de circuite comandate de la un singur circuit (în special la r. intermediare), funcția de temporizare (la r. de timp), funcția de semnalizare și funcția de reglare (la r. polarizate, la amplificatoare comparatoare ce sesizează existența erorii). În schemele logice r. materializează o variabilă de stare sau de ieșire a unui automat. Acționarea r. se face prin punerea sub tensiune a înfășurării de comandă prin intermediul unui dipol care realizează funcția logică de comandă a r., și în care intervin elemente de comandă corespunzătoare variabilelor de intrare; butoane, limitatoare etc. și variabile de stare sau ieșire materializate prin contacte ale r. respective.

**repetabilitate**, noțiune prin care se exprimă gradul de coincidență a indicațiilor unui aparat de măsurat pentru un număr de măsurări consecutive ale aceleiași mărimi, efectuate în condiții identice. Pentru definierea r. se consideră că atingerea valorii măsurate se face din aceeași direcție (numai prin valori crescătoare sau descrescătoare) și măsurările repetate se încadrează într-un interval de timp redus. Prin referire la valorile pe care le ia mărimea de ieșire, menținând aceeași valoare a intrării, noțiunea de r. poate fi extinsă la oricare dintre elementele componente ale echipamentelor de automatizare. În cazul sistemelor de reglare automată, r. constituie pentru multe aplicații una dintre cele mai importante caracteristici întrucît ea exprimă capacitatea buclei de a menține ieșirea la valori grupate într-un domeniu restrîns, în raport cu valoarea prescrisă.

**reprezentarea automatelor finite**, mod de caracterizare a comportării unui automat, care se poate realiza prin mai multe metode: a) *diagrama stărilor* (graful automatului) este un graf în care fiecare nod reprezintă o stare, iar un arc între două noduri este denumit prin simbolul din alfabetul de intrare care produce tranziția dintr-o stare în alta, precum și prin tranziția corespunzătoare (fig. R. 42). Oricărui automat i se asociază un graf unic. Pentru automatele de tip Moore fiecare stare are asociată și ieșirea, iar pe arc se marchează doar simbolul din alfabetul de intrare; b) *tabele de tranziție ale stărilor și ieșirii* sînt reprezentări ale funcției de tranziție și de ieșire. Pentru graful de la punctul a), cele două tabele sînt date în fig. R. 43; ambele tabele se pot reprezenta într-o tabelă unică (fig. R. 44); c) *matrici booleene și vectori* de ieșiri; se marchează de fapt diagrama stărilor prin matricea în care 1 re-



prezintă trecerea de la o stare la alta, sub influența unui simbol de intrare care caracterizează matricea. Ieșirile se prezintă ca vectori. Pentru automatul descris la punctele a), b), există matricile din fig. R. 45.



$u_1, u_2 \in U$   
 $x_1, x_2, x_3 \in X$   
 $y_1, y_2 \in Y$

$$\varphi$$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$u_1$	$x_2$	$x_2$	$x_3$
$u_2$	$x_3$	$x_3$	$x_1$

$$\eta$$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$u_1$	$y_1$	$y_1$	$y_1$
$u_2$	$y_1$	$y_2$	$y_2$

Fig. R.42. Graful asociat unui automat.

Fig. R.43. Tabele de tranziție a stărilor și ieșirilor.

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$u_1$	$x_2 y_1$	$x_2 y_1$	$x_3 y_1$
$u_2$	$x_3 y_1$	$x_3 y_2$	$x_1 y_2$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$x_1$	0	1	0
$x_2$	0	1	0
$x_3$	0	0	1

Matricea  $a_1$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$x_1$	0	0	1
$x_2$	0	0	1
$x_3$	1	0	0

Matricea  $a_2$

Vector  $a_1 [y_1 \ y_1 \ y_1]$

Vector  $a_2 [y_1 \ y_2 \ y_2]$

Fig. R.44. Tabela unică de tranziție.

Fig. R.45. Reprezentarea matricială a stărilor.

reproductibilitate, noțiune similară celei de  $\rightarrow$  repetabilitate definită însă pentru apropierea de valoarea măsurată din ambele direcții (prin valori crescătoare sau descrescătoare) și raportată la un interval lung de timp. Printre principalii factori care condiționează r. se menționează  $\rightarrow$  histerezisul

restabilirea (la automate)  $\rightarrow$  proprietăți de conexiune a automatelor.

reversibilitate (la automate)  $\rightarrow$  proprietăți de conexiune a automatelor.

rezervare automată, procedură de asigurare a unei fiabilități înalte a unui sistem de reglare numerică, care constă din detectarea automată a defecării unui regulator primar (de bază) sau a căderii tensiunii sale de alimentare, anunțarea căderii operatorului și comutarea automată, într-un timp cât mai scurt, a funcțiilor de reglare a procesului asupra unui regulator de rezervă, identic cu cel de bază. R.a. presupune unul sau mai multe regulatoare de rezervă RR și un sistem de comandă a rezervării, SCR, care are rolul de a conecta, în sistemul de reglare neîntreruptă, unul sau mai multe regulatoare primare RP (fig. R. 46) în vederea rezervării. Într-un sistem distribuit de reglare numerică, fiecare RP (construit cu microprocesor) conține o zonă de memorie RAM nevolatilă, alimentată în tampon de la baterie; această memorie, cu consum energetic redus (de tip CMOS) asigură o duplicare a informației din memoria de lucru a RP prin reactualizarea ciclică a conținutului său cu date vitale pentru proces. Pe durata comutării în rezervă a unui RP (în cazul: căderii tensiunii sale de alimentare, a unor erori logice și de calcul



aritmetic ale microprocesorului, a accesului defectuos la memoria program și de lucru sau a expirării timpului/ciclu de bază, programat de microprocesor și obținut de la ceas de timp real) SCR transferă datele importante (valori de

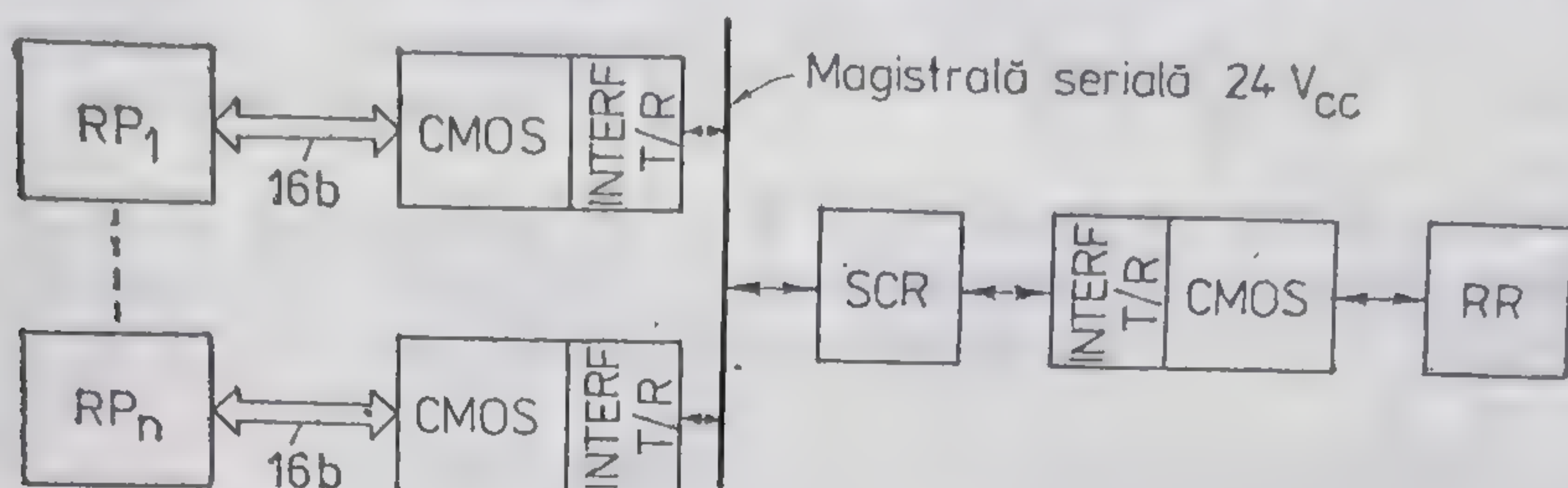


Fig. R.46. Schemă de rezervare automată.

referință, ieșiri către proces, moduri de operare, parametri de acordare) din memoria CMOS a  $RP$  căzut în aceea a  $RR$ . Aceasta permite ca reglarea automată să continue la fel ca înainte de căderea  $RR$ , fără întrerupere. Secvența de comutare în rezervare se execută într-un sistem de reglare distribuit în care  $RP$  comunică date pe o magistrală serială unică, conform etapelor: a) variabilele din proces, locale și de la distanță, se transferă asupra  $RR$ ; b) interfața cu magistrala serială a  $RP$  defect este dezactivată; c) conținutul memoriei nevolatile a  $RP$  defect este transferat în memoria nevolatilă a  $RR$ ; d) conținutul memoriei nevolatile a  $RR$  este transferat în memoria sa  $RAM$  de lucru ( $RR$  este pornit); e) se deconectează de la proces ieșirile  $RP$  defect și se conectează la proces ieșirile  $RR$ ; f) se atribuie  $RR$  adresa pe magistrala serială unică a  $RP$  defectat și se activează interfața  $RR$  cu magistrala:

**rezoluție**, cea mai mică variație a mărimii de intrare care poate fi detectată și discriminată la ieșirea unui aparat de măsurat, a unui traductor sau dispozitiv de automatizare. Pentru aparatele de măsurat  $r$ . este exprimată adesea ca fiind cea variație a mărimii de măsurat care determină o variație a indicației cel puțin egală cu eroarea de citire (de ex.,  $1/3$  sau  $1/2$  dintr-o diviziune a scării). Sînt utilizate în mod curent denumirile de  $r$ . fină și  $r$ . grosieră în funcție de mărimea variației respective raportată la întinderea scării. Făcînd abstracție de eroarea de citire, există aparate de măsurat care au  $r$ . infinită — adică, pentru intrare variînd continuu, o creștere oricît de mică este transmisă la ieșire. Altele se caracterizează prin aceea că numai de la depășirea unei limite de variație a intrării se obține o modificare sesizabilă la ieșire. Primul caz corespunde în principiu aparatelor analogice, iar cel de-al doilea celor numerice. În echipamentele numerice de colectare de date în cadrul cărora fie intrarea, fie ieșirea apar sub formă numerică,  $r$ . este determinată de numărul de cifre zecimale folosit pentru exprimarea mărimilor respective. Pentru astfel de echipamente  $r$ . se definește ca fiind valoarea corespunzătoare modificării cu o unitate a cifrei din rangul cel mai puțin semnificativ. De ex. la un convertor numeric-analogic semnalul analogic de ieșire poate lua numai un număr finit de valori discrete, corespunzător intrării care variază discret prin însăși forma sa de reprezentare numerică. În mod asemănător, ieșirea unui convertor analog-numeric, datorită operației de cuantizare, are un caracter discret, deși semnalul analogic de la intrare variază continuu.

**rezonanță**, fenomen prezentat de un sistem dinamic, caracterizat prin amplificarea unei pulsații din spectrul semnalului de intrare, în raport cu celelalte pulsații ale acestuia. Prezența unui maxim în caracteristica modul



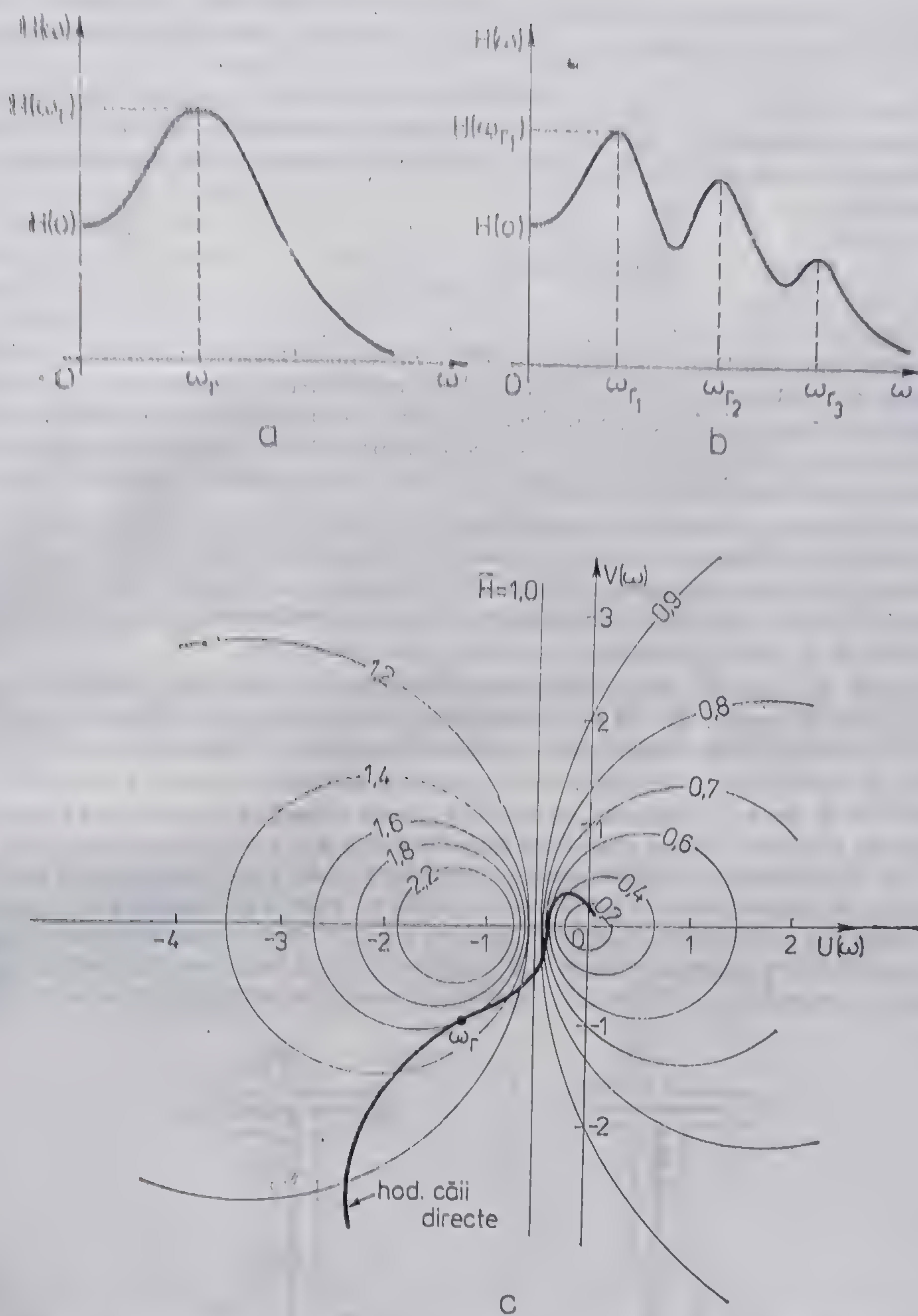


Fig. R.47. Interpretarea geometrică a fenomenului de rezonanță.

$|H(j\omega)| = H(\omega)$  indică fenomenul de r. (fig. R.47, a). Pulsanța  $\omega_r$ , la care apare acest maxim se numește  $\rightarrow$  pulsație de r., iar valoarea maximă  $H(\omega_r)$  (eventual relativizată prin  $H(0)$ )  $\rightarrow$  indice de oscilație al sistemului dinamic. R. poate fi prezentă pe mai multe pulsații, caz în care caracteristica modul va conține mai multe maxime, indicele de oscilație asociindu-se celui mai mare maxim (fig. R. 47, b). Fenomenul de r. al unui sistem dinamic este vizibil și în celelalte caracteristici de frecvență (de ex. prin prezența unor maxime în



caracteristica logaritmică atenuare-pulsație). În mod ideal,  $r.$  revine la amplificarea infinită a unei pulsații  $\omega_r$ , adică la condiția  $\lim_{\omega \rightarrow \omega_r} H(\omega) = \infty$  și evident

a unor relații similare în cazul caracteristicii hodograf sau caracteristicii logaritmice atenuare-pulsație. Funcția de transfer a sistemului dinamic, continuu, care prezintă fenomenul de  $r.$  conține atunci doi poli pe axa imaginară, adică este de forma

$$H(s) = \frac{r(s)}{p(s)(s^2 + \omega_r^2)}$$

și deci sistemul, chiar în absența intrării, la scoalarea din starea de echilibru va genera la ieșire oscilații de amplitudine constantă și pulsație  $\omega_r$ . În teoria sistemelor fenomenul de  $r.$  se judecă, pentru structura de sistem de reglare automată, când indicele de oscilație va reprezenta chiar o performanță de regim dinamic; toate considerațiile făcute anterior se transferă identic la nivelul funcției de transfer în circuit închis  $\bar{H}_0(s)$ . În acest caz prezența  $r.$  este sesizabilă direct din digrama Black de modul (hodograful căii directe  $H_L(s)$  fiind tangent la un contur de modul  $H_0 > 1$  la pulsația  $\omega_r$  (fig. R. 47, c) sau din diagrama Nichols. În cazul sistemelor de reglare neliniare, prezența ciclurilor limită stabile se poate interpreta tot ca un caz ideal de  $r.$

**robinet de reglare**, organ de execuție utilizat în automatizarea proceselor în care intervin fluide. **R. de r.** se plasează pe conductele de fluide, permițând varierea debitului prin modificarea secțiunii de trecere. După modul în care se efectuează modificarea secțiunii de trecere se deosebesc două tipuri mai importante de **r. de r.** : *robinetul cu ventil* (sau cu supapă) și *robinetul cu clapetă*. Acționarea părților mobile (ventilul sau clapeta) ale **r. de r.** se efectuează de către un  $\rightarrow$  **element de execuție** (servomotor), cele mai răspândite fiind cele electrice sau pneumatice. Funcționarea **r. de r.** este determinată de caracteristicile statice și dinamice. În principal, se au în vedere caracteristicile statice care exprimă dependența dintre deplasarea liniară sau unghiulară a părții mobile care constituie mărimea de intrare și variația corespunzătoare de debit

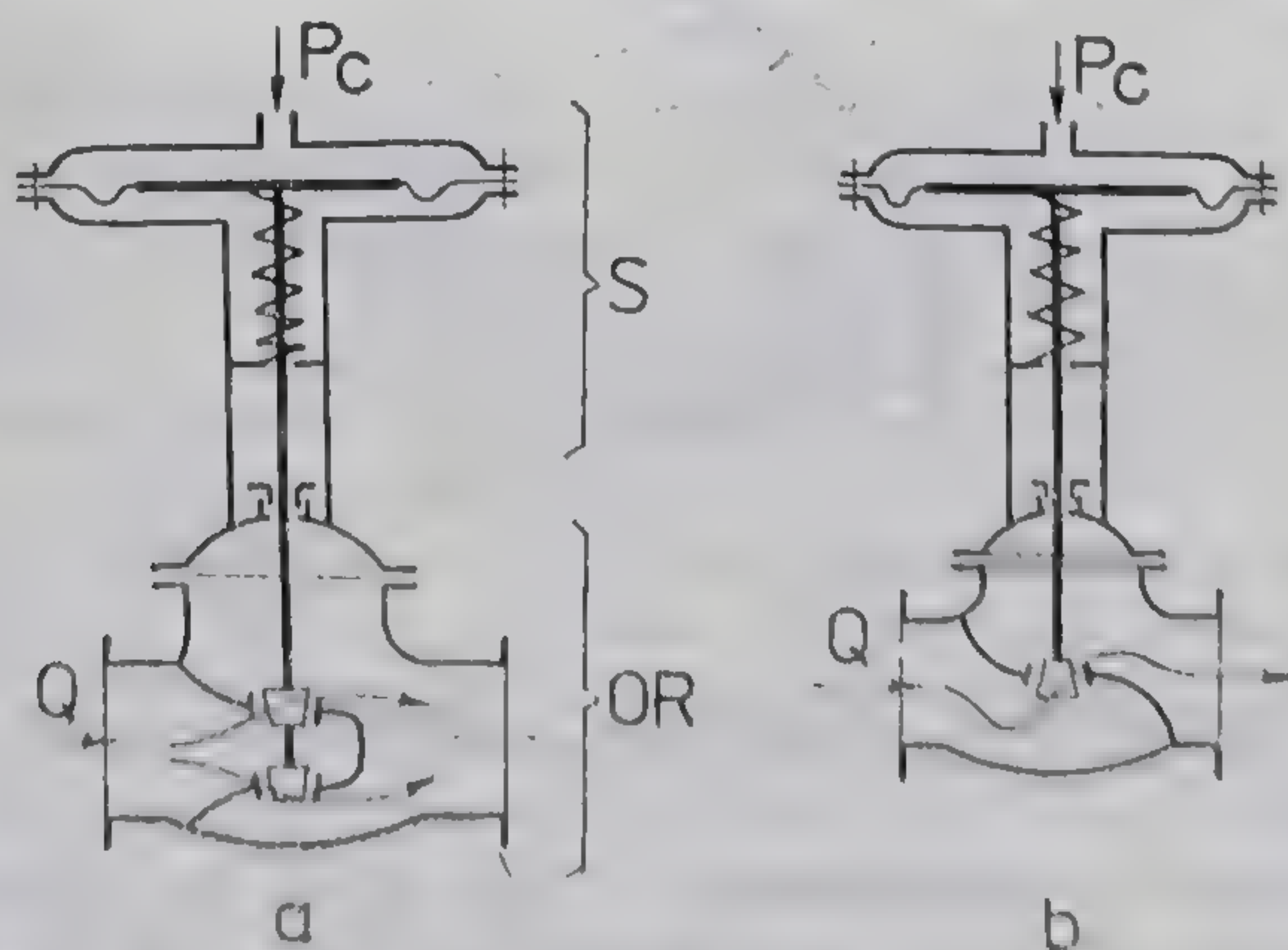


Fig. R.48. Structuri de robinete de reglare.

reprezentând mărimea de ieșire. Caracteristicile statice ale **r. de r.** se exprimă în două variante: a) caracteristica statică intrinsecă sau constructivă, care exprimă comportarea robinetului fără a lua seama de influența conductei;



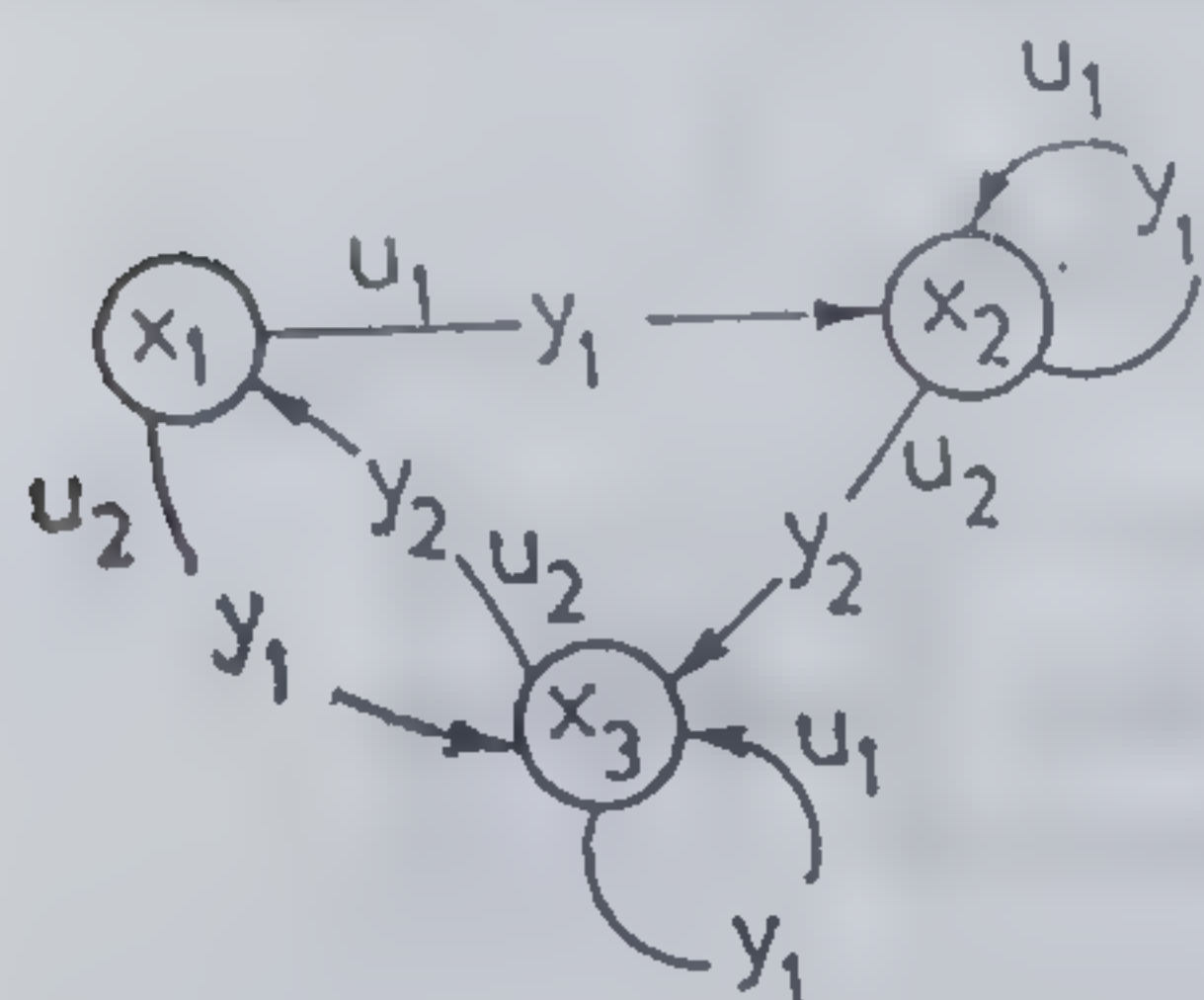
b) caracteristica statică de lucru (reală) determinată luând în considerare întreg ansamblul: sursă de fluid sub presiune, conductă, recipient. Realizarea acestor caracteristici se face printr-o construcție corespunzătoare a profilului supapei sau clapetei.

robot, sistem cibernetice complex de prelucrare a informației cu grad mare de adaptabilitate, destinat să opereze într-un spațiu concret potrivit unei funcții scop și să interacționeze cu elemente ale mediului înconjurător, având mai mult sau mai puțin un caracter antropomorfic. Un r. trebuie să conțină 3 secțiuni esențiale: un sistem de măsurare dotat cu senzori, care asigură caracterizarea mediului înconjurător și a stării interne proprii, un ansamblu de elemente de execuție prin intermediul cărora acționează asupra elementelor din mediul înconjurător și o unitate de conducere care pe baza informațiilor obținute furnizează comenzile necesare satisfacerii funcției scop. În evoluția r. se pot distinge trei stadii: de manipulator (cu caracter preponderent mecanic), de automat complex și de tip autonom (r. autoinstruibil), de regulă mobil. În cea de-a doua categorie, cea mai răspândită, se înscriu r. industriali, definiți ca instalații automate conduse prin program de o unitate de calcul, capabilă să efectueze operații de lucru prin deplasări spațiale complexe. Principalele operații executate de r. industriali sînt: manipulare de scule și obiecte, sudură, vopsire, asamblare, montaj, control de calitate, activitate în mediu nociv pentru om.

robotică, ansamblu al metodelor și tehnicilor de inteligență artificială și de automatizare avînd ca scop conceperea de sisteme cu grad mare de adaptabilitate, destinate să acționeze într-un mediu dat, avînd caracter antropomorfic.



prezintă trecerea de la o stare la alta, sub influența unui simbol de intrare care caracterizează matricea. Ieșirile se prezintă ca vectori. Pentru automatul descris la punctele a), b), există matricile din fig. R. 45.



$u_1, u_2 \in U$   
 $x_1, x_2, x_3 \in X$   
 $y_1, y_2 \in Y$

$\varphi$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$u_1$	$x_2$	$x_2$	$x_3$
$u_2$	$x_3$	$x_3$	$x_1$

$\eta$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$u_1$	$y_1$	$y_1$	$y_1$
$u_2$	$y_1$	$y_2$	$y_2$

Fig. R.42. Graful asociat unui automat.

Fig. R.43. Tabele de tranziție a stărilor și ieșirilor.

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$u_1$	$x_2 y_1$	$x_2 y_1$	$x_3 y_1$
$u_2$	$x_3 y_1$	$x_3 y_2$	$x_1 y_2$

Fig. R.44. Tabela unică

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$x_1$	0	1	0
$x_2$	0	1	0
$x_3$	0	0	1

Matricea  $a_1$

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$x_1$	0	0	1
$x_2$	0	0	1
$x_3$	1	0	0

Matricea  $a_2$

Vector  $a_1 [y_1 \ y_1 \ y_1]$  Vector  $a_2 [y_1 \ y_2 \ y_2]$

Fig. R.45. Reprezentarea matricială a stărilor.

reproductibilitate, noțiune similară celei de  $\rightarrow$  *repetabilitate* definită însă pentru apropierea de valoarea măsurată din ambele direcții (prin valori crescătoare sau descrescătoare) și raportată la un interval lung de timp. Printre principalii factori care condiționează  $r$ . se menționează  $\rightarrow$  *histerezisul*

restabilirea (la automate)  $\rightarrow$  *proprietăți de conexiune a automatelor*.

reversibilitate (la automate)  $\rightarrow$  *proprietăți de conexiune a automatelor*.

rezervare automată, procedură de asigurare a unei fiabilități înalte a unui sistem de reglare numerică, care constă din detectarea automată a defecării unui regulator primar (de bază) sau a căderii tensiunii sale de alimentare, anunțarea căderii operatorului și comutarea automată, într-un timp cât mai scurt, a funcțiilor de reglare a procesului asupra unui regulator de rezervă, identic cu cel de bază. R.a. presupune unul sau mai multe regulatoare de rezervă  $RR$  și un sistem de comandă a rezervării,  $SCR$ , care are rolul de a conecta, în sistemul de reglare neîntreruptă, unul sau mai multe regulatoare primare  $RP$  (fig. R. 46) în vederea rezervării. Într-un sistem distribuit de reglare numerică, fiecare  $RP$  (construit cu microprocesor) conține o zonă de memorie  $RAM$  nevolatilă, alimentată în lampon de la baterie; această memorie, cu consum energetic redus (de tip  $CMOS$ ) asigură o duplicare a informației din memoria de lucru a  $RP$  prin reactualizarea ciclică a conținutului său cu date vitale pentru proces. Pe durata comutării în rezervare a unui  $RP$  (în cazul: căderii tensiunii sale de alimentare, a unor erori logice și de calcul



aritmetic ale microprocesorului, a accesului defectuos la memoria program și de lucru sau a expirării timpului/ciclu de bază, programat de microprocesor și obținut de la ceas de timp real) SCR transferă datele importante (valori de

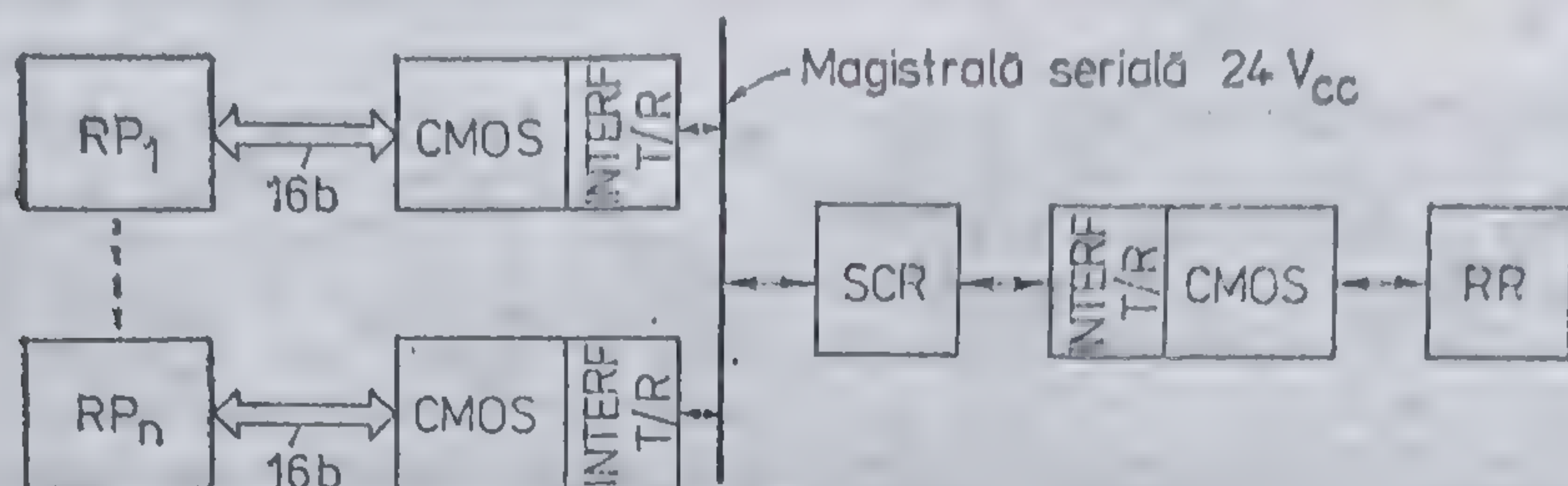


Fig. R.46. Schemă de rezervare automată.

referință, ieșiri către proces, moduri de operare, parametri de acordare) din memoria CMOS a  $RP$  căzut în aceea a  $RR$ . Aceasta permite ca reglarea automată să continue la fel ca înainte de căderea  $RR$ , fără întrerupere. Secvența de comutare în rezervare se execută într-un sistem de reglare distribuit în care  $RP$  comunică date pe o magistrală serială unică, conform etapelor: a) variabilele din proces, locale și de la distanță, se transferă asupra  $RR$ ; b) interfața cu magistrala serială a  $RP$  defect este dezactivată; c) conținutul memoriei nevolatile a  $RP$  defect este transferat în memoria nevolatilă a  $RR$ ; d) conținutul memoriei nevolatile a  $RR$  este transferat în memoria sa  $RAM$  de lucru ( $RR$  este pornit); e) se deconectează de la proces ieșirile  $RP$  defect și se conectează la proces ieșirile  $RR$ ; f) se atribuie  $RR$  adresa pe magistrala serială unică a  $RP$  defectat și se activează interfața  $RR$  cu magistrala.

**rezoluție**, cea mai mică variație a mărimii de intrare care poate fi detectată și discriminată la ieșirea unui aparat de măsurat, a unui traductor sau dispozitiv de automatizare. Pentru aparatele de măsurat  $r$ . este exprimată adesea ca fiind aceea variație a mărimii de măsurat care determină o variație a indicației cel puțin egală cu eroarea de citire (de ex.,  $1/3$  sau  $1/2$  dintr-o diviziune a scării). Sînt utilizate în mod curent denumirile de  $r$ . fină și  $r$ . grosieră în funcție de mărimea variației respective raportată la întinderea scării. Făcînd abstracție de eroarea de citire, există aparate de măsurat care au  $r$ . infinită — adică, pentru intrare variînd continuu, o creștere oricît de mică este transmisă la ieșire. Altele se caracterizează prin aceea că numai de la depășirea unei limite de variație a intrării se obține o modificare sesizabilă la ieșire. Primul caz corespunde în principiu aparateelor analogice, iar cel de-al doilea celor numerice. În echipamentele numerice de colectare de date în cadrul cărora fie intrarea, fie ieșirea apar sub formă numerică,  $r$ . este determinată de numărul de cifre zecimale folosit pentru exprimarea mărimilor respective. Pentru astfel de echipamente  $r$ . se definește ca fiind valoarea corespunzătoare modificării cu o unitate a cifrei din rangul cel mai puțin semnificativ. De ex. la un convertor numeric-analogic semnalul analogic de ieșire poate lua numai un număr finit de valori discrete, corespunzător intrărilor care variază discret prin însăși forma sa de reprezentare numerică. În mod asemănător, ieșirea unui convertor analog-numeric, datorită operației de cuantizare, are un caracter discret, deși semnalul analogic de la intrare variază continuu.

**rezonanță**, fenomen prezentat de un sistem dinamic, caracterizat prin amplificarea unei pulsații din spectrul semnalului de intrare, în raport cu celelalte pulsații ale acestuia. Prezența unui maxim în caracteristica modul



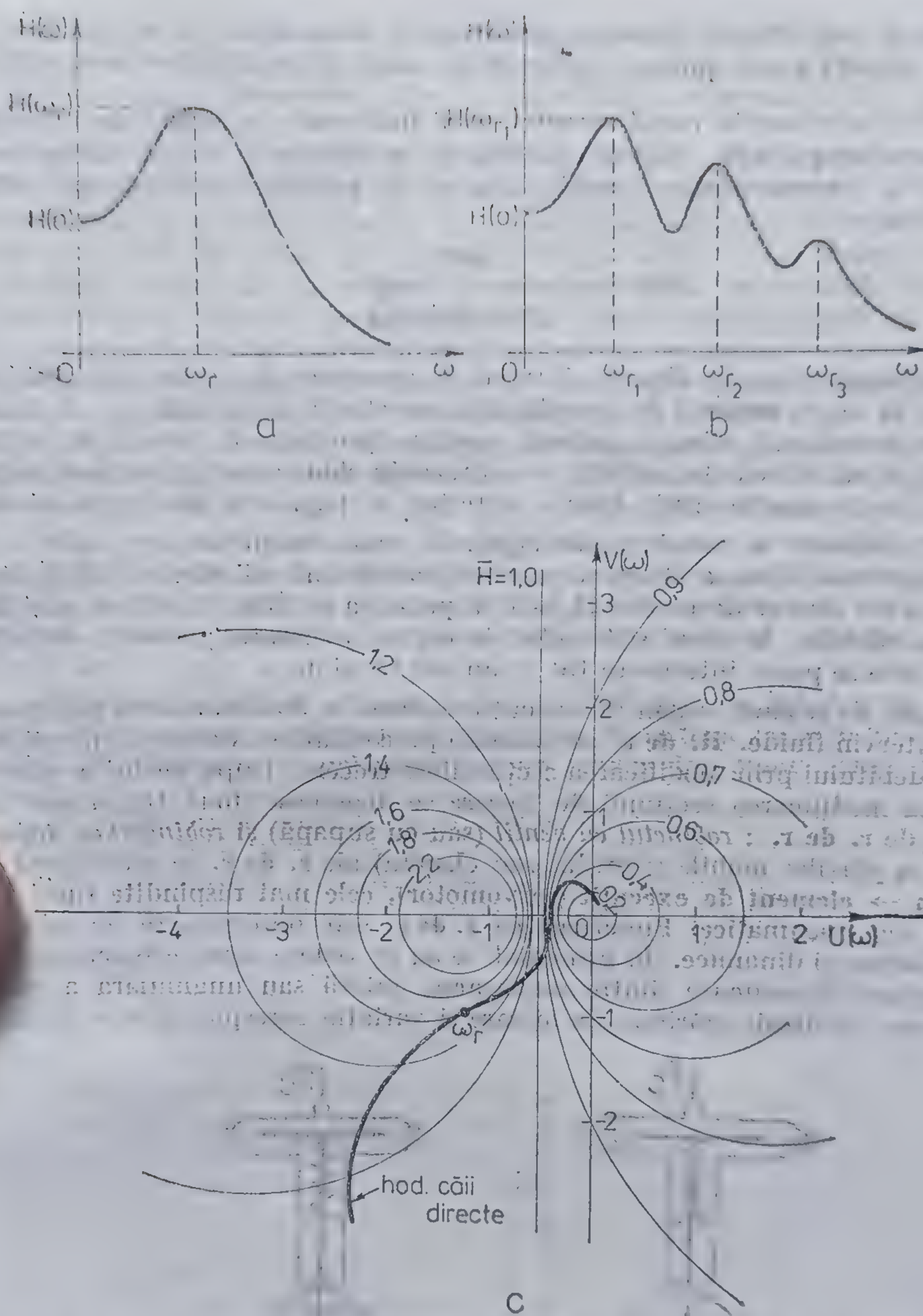


Fig. R.47. Interpretarea geometrică a fenomenului de rezonanță.

$|H(j\omega)| = H(\omega)$  indică fenomenul de r. (fig. R.47, a). Pulația  $\omega_r$ , la care apare acest maxim se numește → pulsație de r., iar valoarea maximă  $H(\omega_r)$  (eventual relativizată prin  $H(0)$ ) → indice de oscilație al sistemului dinamic. R. poate fi prezentă pe mai multe pulsații, caz în care caracteristica modul va conține mai multe maxime, indicele de oscilație asociindu-se celui mai mare maxim (fig. R. 47, b). Fenomenul de r. al unui sistem dinamic este vizibil și în celelalte caracteristici de frecvență (de ex. prin prezența unor maxime în



caracteristica logaritmică atenuare-pulsație). În mod ideal,  $r$ . revine la amplificarea infinită a unei pulsații  $\omega_r$ , adică la condiția  $\lim_{\omega \rightarrow \omega_r} H(\omega) = \infty$  și evident

a unor relații similare în cazul caracteristicii hodograf sau caracteristicii logaritmice atenuare-pulsație. Funcția de transfer a sistemului dinamic, continuu, care prezintă fenomenul de  $r$ . conține atunci doi poli pe axa imaginară, adică este de forma

$$H(s) = \frac{r(s)}{p(s)(s^2 + \omega_r^2)}$$

și deci sistemul, chiar în absența intrării, la scoaterea din starea de echilibru va genera la ieșire oscilații de amplitudine constantă și pulsație  $\omega_r$ . În teoria sistemelor fenomenul de  $r$ . se judecă, pentru structura de sistem de reglare automată, când indicele de oscilație va reprezenta chiar o performanță de regim dinamic; toate considerațiile făcute anterior se transferă identic la nivelul funcției de transfer în circuit închis  $\bar{H}_0(s)$ . În acest caz prezența  $r$ . este sesizabilă direct din digrama Black de modul (hodograful căii directe  $H_b(s)$  fiind tangent la un contur de modul  $H_0 > 1$  la pulsația  $\omega_r$  (fig. R. 47, c) sau din diagrama Nichols. În cazul sistemelor de reglare neliniare, prezența ciclurilor limită stabile se poate interpreta tot ca un caz ideal de  $r$ .

**robinet de reglare**, organ de execuție utilizat în automatizarea proceselor în care intervin fluide. **R. de r.** se plasează pe conductele de fluide, permițând varierea debitului prin modificarea secțiunii de trecere. După modul în care se efectuează modificarea secțiunii de trecere se deosebesc două tipuri mai importante de **r. de r.** : *robinetul cu ventil* (sau cu supapă) și *robinetul cu clapetă*. Acționarea părților mobile (ventilul sau clapeta) ale **r. de r.** se efectuează de către un  $\rightarrow$  **element de execuție** (servomotor), cele mai răspândite fiind cele electrice sau pneumatice. Funcționarea **r. de r.** este determinată de caracteristicile statice și dinamice. În principal, se au în vedere caracteristicile statice care exprimă dependența dintre deplasarea liniară sau unghiulară a părții mobile care constituie mărimea de intrare și variația corespunzătoare de debit

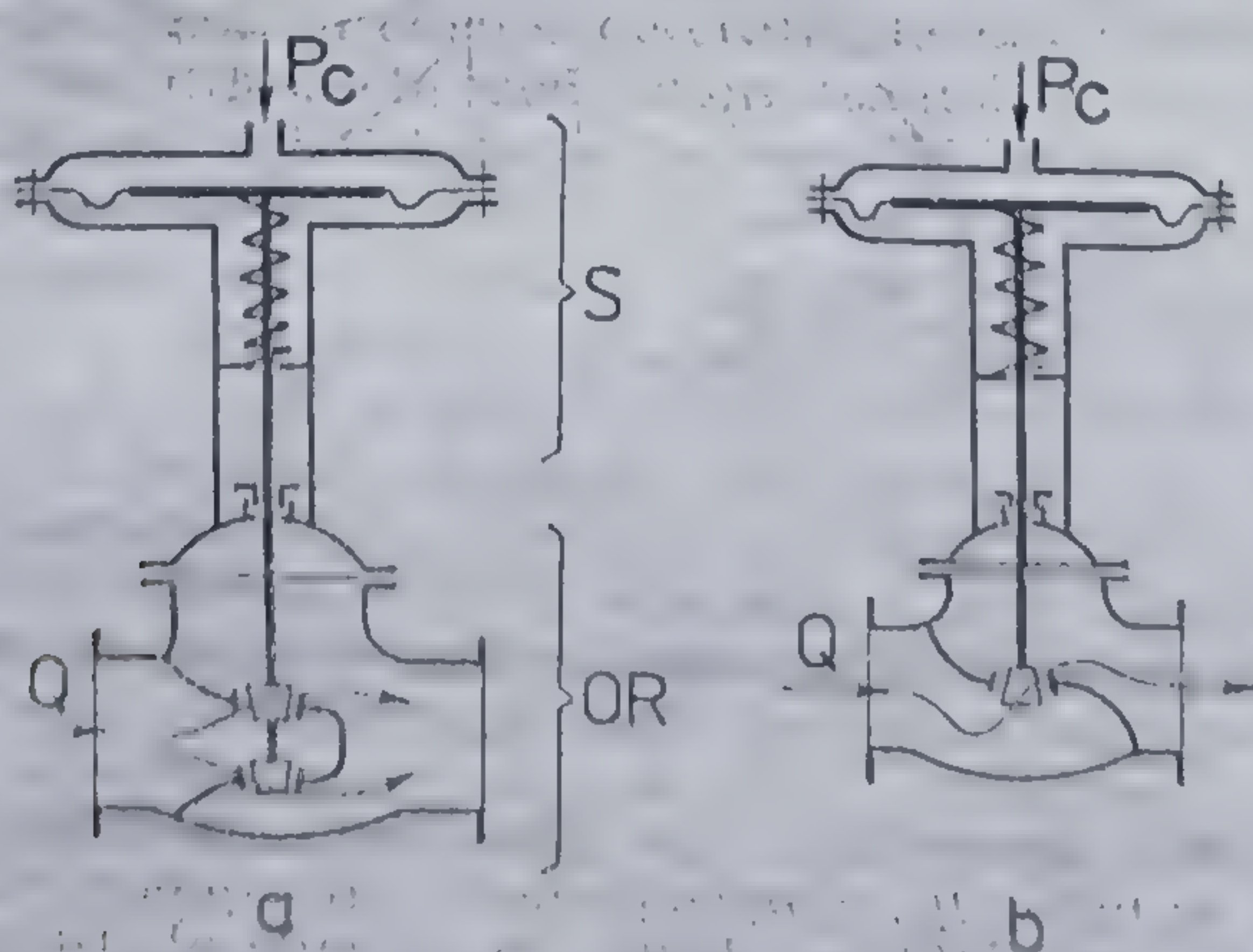


Fig. R.48. Structuri de robinete de reglare.

reprezentând mărimea de ieșire. Caracteristicile statice ale **r. de r.** se exprimă în două variante; a) caracteristica statică intrinsecă sau constructivă, care exprimă comportarea robinetului fără a ține seama de influența conductei;



b) caracteristica statică de lucru (reală) determinată luînd în considerare întreg ansamblul: sursă de fluid sub presiune, conductă, recipient. Realizarea acestor caracteristici se face printr-o construcție corespunzătoare a profilului supapei sau clapetei.

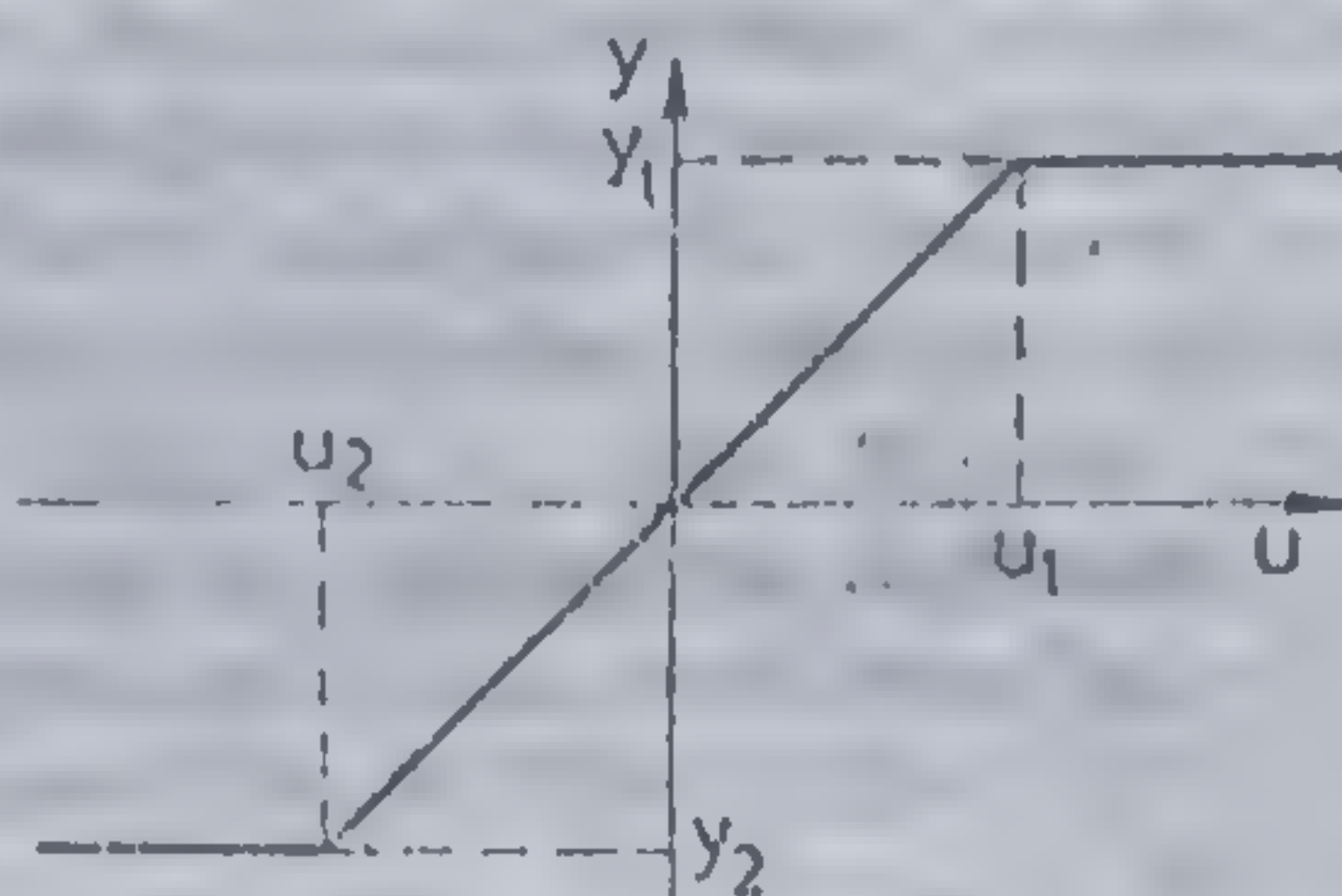
robot, sistem cibernetic complex de prelucrare a informației cu grad mare de adaptabilitate, destinat să opereze într-un spațiu concret potrivit unei funcții scop și să interacționeze cu elemente ale mediului înconjurător, avînd mai mult sau mai puțin un caracter antropomorfic. Un r. trebuie să conțină 3 secțiuni esențiale: un sistem de măsurare dotat cu senzori, care asigură caracterizarea mediului înconjurător și a stării interne proprii, un ansamblu de elemente de execuție prin intermediul cărora acționează asupra elementelor din mediul înconjurător și o unitate de conducere care pe baza informațiilor obținute furnizează comenzile necesare satisfacerii funcției scop. În evoluția r. se pot distinge trei stadii: de manipulator (cu caracter preponderent mecanic), de automat complex și de tip autonom (r. autoinstruibil), de regulă mobil. În cea de-a doua categorie, cea mai răspîndită, se înscriu r. industriali, definiți ca instalații automate conduse prin program de o unitate de calcul, capabilă să efectueze operații de lucru prin deplasări spațiale complexe. Principalele operații executate de r. industriali sînt: manipulare de scule și obiecte, sudură, vopsire, asamblare, montaj, control de calitate, activitate în mediu nociv pentru om.

robotică, ansamblu al metodelor și tehnicilor de inteligență artificială și de automatizare avînd ca scop conceperea de sisteme cu grad mare de adaptabilitate, destinate să acționeze într-un mediu dat, avînd caracter antropomorfic.



saturație neliniaritate statică tipică, de tipul celei prezentate în fig. S.1, în care  $u_1$ , respectiv  $u_2$ , se numește *prag de s.*, iar  $y_1$ , respectiv  $y_2$ , nivel de s. S. poate să fie nesimetrică și crespunde unei funcționalități într-o plajă li-

Fig. S.1. Neliniaritate statică de tip saturație



mitată pentru mărimile unui sistem. Prezența unui sistem cu s. într-o structură oarecare, conferă caracter de sistem neliniar întregului ansamblu.

**scemă bloc**, reprezentare grafică generală prin care se evidențiază principalele blocuri constitutive ale unui sistem (proces, instalație, echipament) cu conexiunile dintre ele. Pentru exemplificare s.b. a  $\rightarrow$  sistemului automat. Este de remarcat că blocurile reprezintă elemente funcționale fără a reflecta aspecte constructive.

**scemă de principiu**, reprezentare grafică a unui echipament, instalație sau agregat cuprinzând elementele componente și conexiunile dintre acestea reprezentate prin simboluri specifice care reflectă principal atât funcțiunile cât și realizările constructive. În fig. S.1, a sînt reprezentate semnele convenționale pentru elemente de automatizare iar în fig. S.1, b exemple de alcătuire a s. de p. folosind aceste semne convenționale.

**scemă desfășurată**, reprezentare grafică detaliată a circuitelor unui echipament sau instalație electrică în care sînt cuprinse toate legăturile între aparatele și dispozitivele componente în ordinea lor funcțională.

**scemă logică**, 1. reprezentare grafică a unui algoritm, destinată programării și documentării acesteia. În s.l. se utilizează simboluri de reprezentare, numite uneori blocuri, care descriu tipul de acțiune: start, stop, intrare, ieșire, prelucrare, decizie etc. 2. model fizic pentru realizarea unui set de funcții logice.

**scemă logică combinațională**, model fizic pentru realizarea unui set de funcții booleene

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad i = 1, 2, \dots, n$$

la care setul de ieșire  $Y$  este complet determinat cînd se cunosc combinațiile variabilelor de intrare.



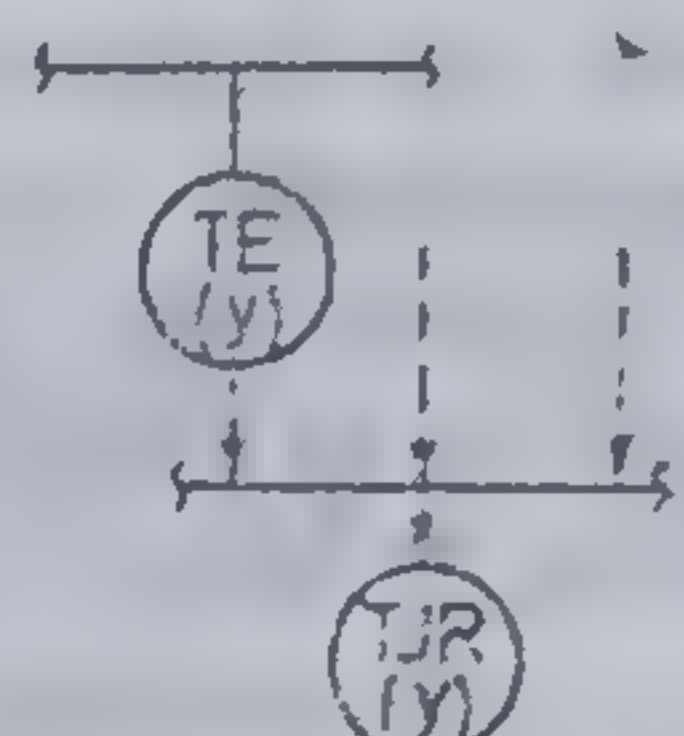
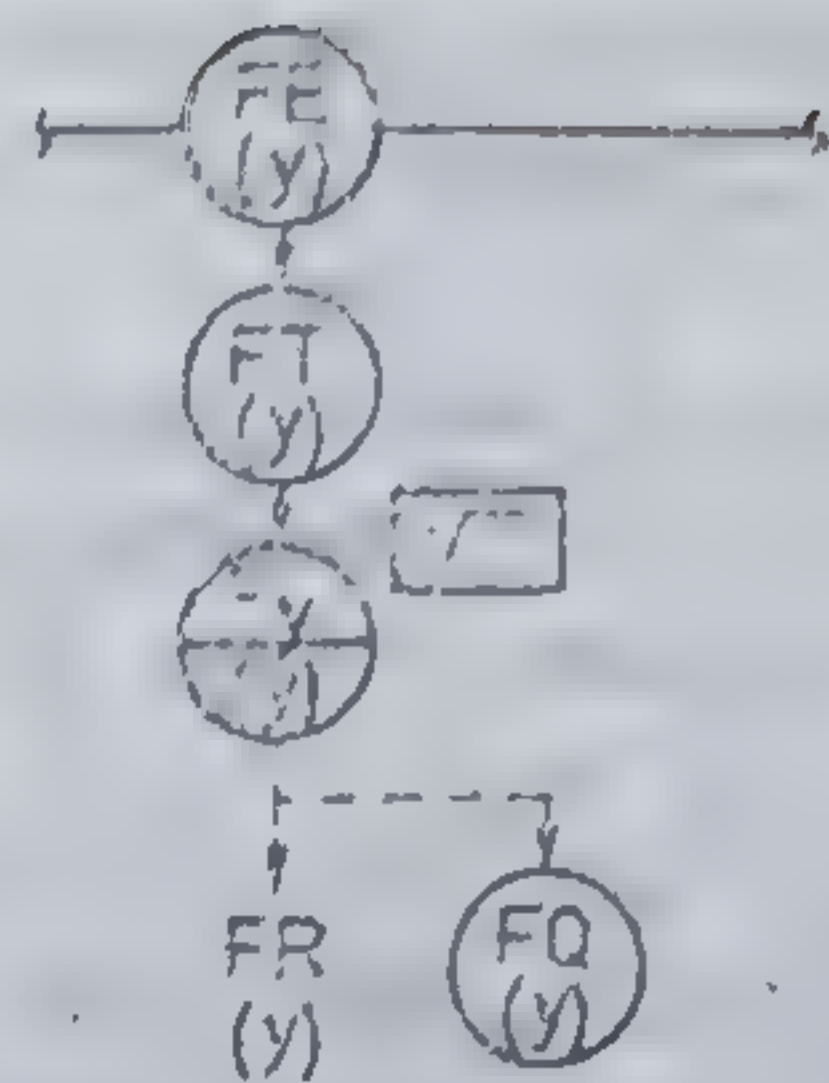
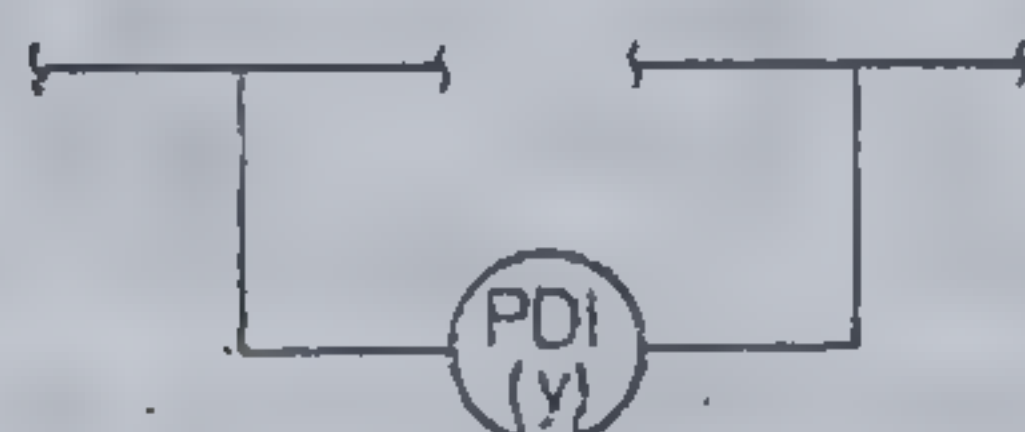
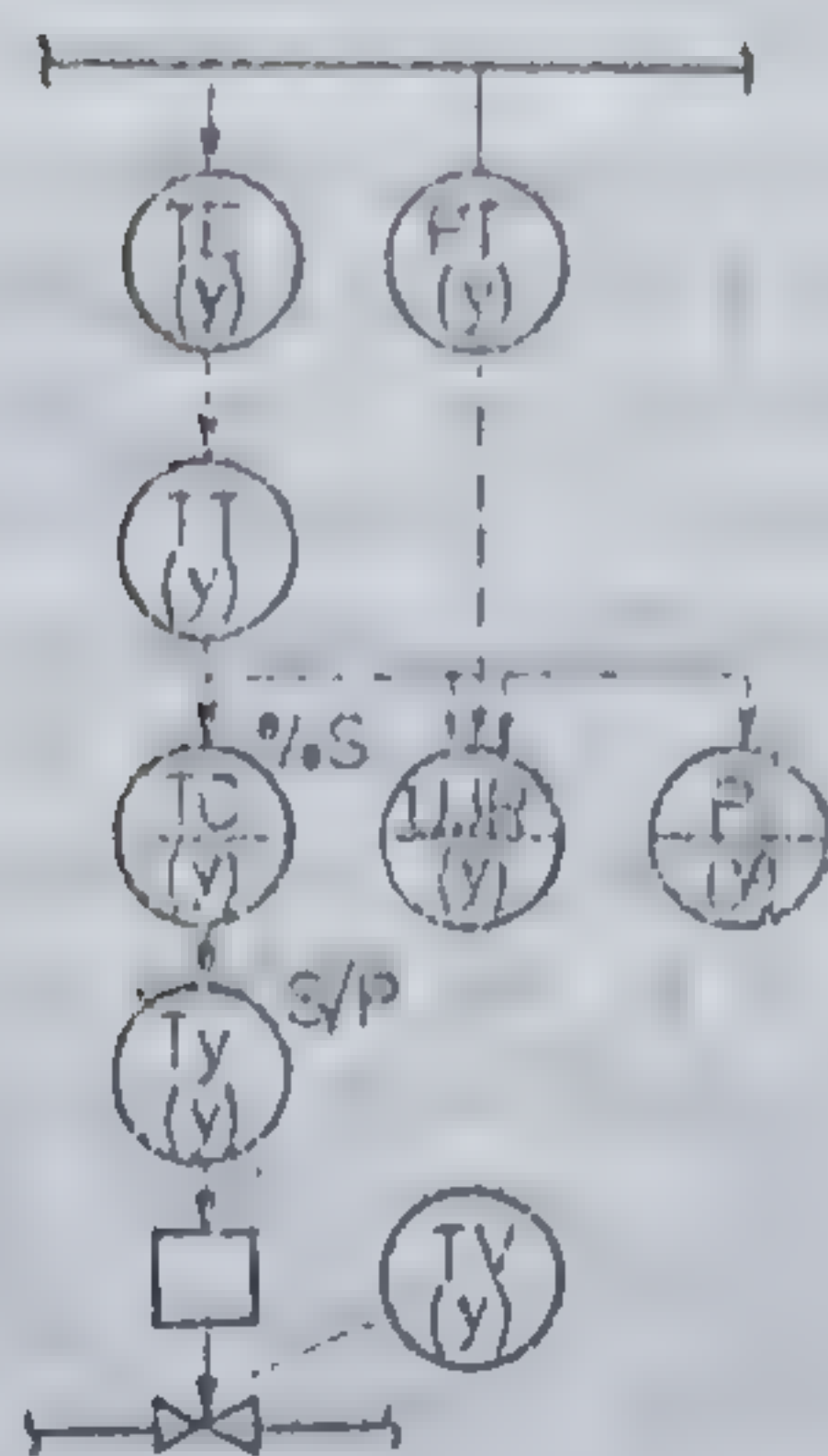
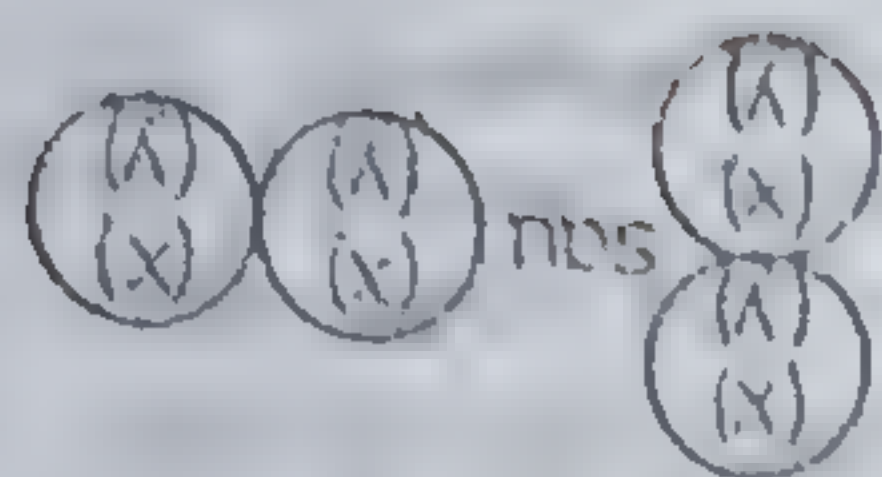


Fig. S.1, a. Semne convenționale.

Fig. S.1, b. Exemple de alcătuire a schemelor de principiu.

schemă logică secvențială, model fizic pentru realizarea unui set de funcții booleene la care setul de ieșire nu depinde numai de setul de intrare ci și de evoluția în timp a stărilor ( $\rightarrow$  automat).

schimbarea automată a sculei, subprogram propriu mașinilor unelte dotate cu comandă numerică, ce generează un ansamblu de comenzi într-o succesiune fixă, ce au ca scop înlocuirea sculei așchiitoare în timp ce programul de prelucrare este activat. Cele mai răspândite sînt sistemele la care se schimbă numai scula din arborele principal, prin intermediul următoarelor elemente de bază: o magazie de scule, un transportor sau manipulator de scule și un încărcător, care fixează și desprinde scula de arborele principal.

semiautomat, (atașat unui automat), triplet  $S(A) = [U, X, \phi]$  corespunzător unui automat  $A = [U, X, Y, \phi, \eta]$ , în care s-a făcut abstracție de comportarea la ieșire a automatului  $A$ , rămînînd esențială funcționarea internă a automatului. Unui automat  $i$  se poate asocia în mod unic un s., iar un s. poate fi extins la un automat prin alegerea unui alfabet de ieșire  $Y$  și a unei funcții de ieșire  $\eta$ .

semnal, mărime fizică aptă de a se propaga într-un anumit mediu. În general, noțiunea de s. (s. util) se referă la acele mărimi fizice care conțin un mesaj destinat unui receptor, excluzînd mărimile perturbatoare care pot apărea fie în procesul de generare fie în cel de transmisie. Pentru studiul sistemic al s. este necesară reprezentarea lor prin modele matematice. În acest scop fie o mulțime  $T$ , înzestrată cu o relație de ordine totală  $\leq$ , numită mulțime de momente. Dacă  $M$  este o mulțime oarecare fixată, atunci prin s. definit pe mulțimea timp  $T$  cu valori în  $M$  se înțelege orice aplicație

$$x: T \rightarrow M,$$

care asociază fiecărui moment  $t \in T$  un element  $x(t)$  din  $M$ , numit eșantionul s.  $x$  la momentul  $t$ . Din acest mod de exprimare a modelului matematic rezultă



că analiza s. este strins legată de studiul funcțiilor de variabilă reală și complexă ca și de analiza funcțională ( $\rightarrow$  transformările Fourier și Laplace). În limitele definiției precedente a modelului s. (nu cuprinde explicit s. multidimensionale și impulsurile) se poate efectua o primă clasificare a s. după domeniul de definiție  $T$ , respectiv după dependența de timp, în: s. discret, atunci când  $T \subset \mathbb{Z}$  de ex.,  $T = \mathbb{N}$ ,  $T = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ ) și s. continuu. În cazul în care  $T$  este un interval al axei reale  $\mathbb{R}$ . Situația cea mai importantă pentru aplicații este  $M = \mathbb{R}$ , ceea ce înseamnă că s. au valori reale reprezentând valorile (măsurile) unor mărimi fizice. O altă clasificare a s. le separă în deterministe, caracterizate prin valori cu o evoluție previzibilă și alcatoare, ale căror valori pot fi evaluate numai cu o anumită probabilitate. S. aleatoare, în esență procese stochastice, sînt cele cu caracter universal confirmat de realitatea fizică. S. deterministe reprezintă idealizări prin care se aproximează în anumite condiții cele alcatoare, în scopul simplificării studiului. Cea mai generală clasă de s. deterministe, care cuprinde toate semnalele uzuale continue sau discrete, inclusiv impulsurile de diverse ordine, este spațiul  $\rightarrow$  distribuțiilor temperate. După natura lor fizică, legată îndeosebi de proprietățile de transmisie, s. utilizate în aplicații pot fi: electrice, optice, sonore etc. Este posibilă și o clasificare a s. după valorile de amplitudine sau nivelurile pe care le pot lua. Astfel, un s. poate avea un număr infinit sau unul finit de nivele. Un s. avînd un număr finit de valori se numește *cuantizat*. Dacă un s. comportă numai două nivele, asociate cu valorile binare se numește s. logic. S. cuantizate și cele logice au o largă utilizare în tehnica de calcul și în echipamentele numerice de conducere a proceselor. În sistemele automate, s. care apar au fie un caracter informațional necesar pentru luarea deciziilor, fie unul de comandă, de inițiere a unor acțiuni în conformitate cu aceste decizii. Se menționează în acest sens câteva s. dintre cele mai frecvent întîlnite: s. de eroare, folosit pentru a indica diferența dintre valoarea de referință și cea de ieșire; mai general, s. de eroare poate fi utilizat pentru a avertiza cu privire la apariția unei erori de funcționare a unui aparat sau dispozitiv; s. de comandă, generat de regulator sau de echipamentul de conducere și aplicat la intrarea elementului de execuție în scopul realizării legii de conducere a procesului; s. de sincronizare, destinat asigurării funcționării simultane sau într-o anumită ordine a diverselor elemente componente ale unei echipament sau sistem.

**sensibilitate** (cu referire la aparate de măsurat și traductoare), raportul dintre variația mărimii de ieșire  $\Delta y$  și variația corespunzătoare a mărimii de intrare  $\Delta x$ .

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

S. în cazul considerat se definește pentru regimul static. Dacă  $y = f(x)$  reprezintă caracteristica statică a aparatului sau traductorului

$$S = \frac{dy}{dx}$$

S. se poate exprima valoric ușor în cazul unei caracteristici statice liniare  $y = kx + y_0$ , ea fiind dată de coeficientul unghiular al dreptei  $S = k$ . Facilitatea exprimării se datorează faptului că ea este constantă pe întreg domeniul



de măsurare, astfel că se mai poate pune și sub forma în care apar limitele acestui domeniu

$$S = \frac{Y_{max} - Y_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Pentru o caracteristică statică neliniară se pot defini numai valori locale ale  $s$ .

$$S_t = \left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=x_t} \cong \left. \frac{\Delta y}{\Delta x} \right|_{x=x_t}$$

unde  $\Delta y$  și  $\Delta x$  sînt variații locale reduse în jurul punctului de coordonate  $x_t, y_t$ . Din relațiile precedente rezultă că  $s$  este o mărime ale cărei dimensiuni depind de cele ale mărimilor de intrare și de ieșire, valoarea sa fiind exprimată în raport de unitățile de măsură folosite pentru mărimile respective. În cazurile caracteristicilor statice liniare și ale unor mărimi de intrare și de ieșire de aceeași natură, dacă  $s$  are valori supraunitare se numește factor de amplificare (cîștig), iar dacă este subunitară, factor de atenuare, ambii fiind adimensionali. Atunci cînd domeniul uneia dintre mărimi este foarte extins, amplificarea sau atenuarea se reprezintă prin logaritmul raportului acestora

$$A = 20 \lg \left| \frac{y}{x} \right|$$

și se exprimă în decibeli (dB). Uneori se folosește așa-numita  $s$  relativă

$$S_r = \frac{dy/y}{dx/x} \cong \frac{\Delta y/y}{\Delta x/x}$$

care se exprimă printr-un număr fără dimensiuni și este independentă de unitățile de măsură.  $S$  relativă este utilă pentru compararea aparatelor și transductoarelor avînd caracteristici similare dar domenii diferite. Pentru aparatele destinate măsurărilor indirecte, caracterizate printr-o dependență  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ , în care  $x_1, x_2, \dots, x_N$  sînt mărimi direct măsurabile în raport de care se măsoară  $y$ , se pot determina  $s$  separate pentru fiecare dintre acestea. Dacă  $f(x_1, x_2, \dots, x_N)$  este liniară atunci aceste  $s$  sînt constante și sînt proporționale cu cosinusurile directe ale normalei la planul respectiv în spațiul  $N$  dimensional. În cazul unei funcții neliniare se pot determina  $s$  locale pentru fiecare punct al suprafeței luînd derivatele parțiale în punctul considerat în raport cu  $x_1, x_2, \dots, x_N$ . În locul  $s$ , se folosește uneori inversa acesteia denumită constanta aparatului.

$$C = \frac{1}{S}$$

$S$  unui aparat de măsurat sau traductor este condiționată de  $s$  elementelor componente și de modul în care se combină în cadrul schemei funcționale. Elementele avînd caracteristici statice liniare prezintă avantajul că  $s$  parțiale sînt constante permit calculul ușor al  $s$  totale, de asemenea constantă pe domeniu. Noțiunea de  $s$ , în sensul menționat poate fi extinsă la oricare din elementele componente ale sistemelor automate în regim static de funcționare;



sensibilitate (cu referire la sistem), mărimea  $s(t)$  ce reflectă modificarea variabilei de stare  $x(t)$  la variația unui parametru din sistem. Sistemul ce are ca soluție  $s(t)$  se numește modelul s.  
Pentru un sistem dinamic liniar

$$\dot{x}(t) = A(\mu)x(t) + B(\mu) \cdot u(t)$$

în care  $\mu = [\mu_1 \mu_2 \dots \mu_q]^T$  este un parametru variabil  $\mu = \mu_N + \Delta\mu$  față de valoarea nominală  $\mu_N$ , se deduce modelul s. de ordinul I considerând că  $\Delta\mu$  este un infinit mic:

$$\dot{s}(t) = A_0 s(t) + \mathcal{A} x(t) + \mathcal{B} u(t); \quad s(0) = 0$$

unde

$$s(t) = \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \\ \vdots \\ s_q(t) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{q \times n}; \quad s_i(t) = \frac{\partial x(t, \mu)}{\partial \mu_i} \bigg|_{\mu = \mu_N} \quad i = \overline{1, q}$$

$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_q \end{bmatrix}, \quad A_i = \frac{\Delta}{\partial \mu_i} \frac{\partial A(\mu)}{\partial \mu_i} \bigg|_{\mu = \mu_N} \quad i = \overline{1, q}$$

$$\mathcal{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_q \end{bmatrix}, \quad B_i = \frac{\Delta}{\partial \mu_i} \frac{\partial B(\mu)}{\partial \mu_i} \bigg|_{\mu = \mu_N} \quad i = \overline{1, q}$$

$$A_0 = \text{diag}\{A\}$$

În mod similar se poate defini o s. de ordin superior și eventual un model al s. de ordin superior sau un model al s. pentru sisteme neliniare. Utilitatea noțiunii de s. (respectiv model al s. unui sistem) rezidă în aplicarea sa la problemele de conducere adaptivă.

senzor, denumire utilizată uneori pentru elementul sensibil al unui → traductor.

separabilitate, rezultat fundamental în teoria sistemelor optimale cunoscut și sub denumirea de principiul geometric al minimului. Fie mulțimea  $A \subset \mathbb{R}^n$  și  $x_0 = (x_0^1, x_0^2, \dots, x_0^n) \in A$  un punct minimal al mulțimii  $A$  adică  $x = (x^1, x^2, \dots, x^n)$ ,  $\forall x^1 < x_0^1$  nu aparține lui  $A$ . Presupunând că  $A$  are în  $x_0$  o mulțime derivată  $M_D(x_0)$ . Atunci există  $v \in N(x_0)$ ,  $v \neq 0$ , cu  $v^1 \geq 0$  astfel încât

$$v^T \xi \geq 0, \quad \forall \xi \in M_D(x_0)$$

adică în  $x_0$  se poate duce un hiperplan de separație între dreapta  $D^-$  (determinată de vectorul  $(-1, 0, 0, \dots, 0)$ ) și  $M_D(x_0)$ .  $M_D(x_0)$  este o mulțime derivată



a lui  $A$  (în punctul  $x_0$ ) dacă oricare ar fi  $\xi_1, \dots, \xi_q \in M_D(x_0)$ ,  $q$  arbitrar, aceștia generează un con de variație a lui  $A$ , notat  $K_D(x_0)$  adică: a)  $K_D(x_0)$  este un con convex generat de  $\xi_1, \dots, \xi_q$ ; b) oricare ar fi  $\rho > 0$ , există  $\varepsilon_0 > 0$  și o funcție  $o: C^q(\rho) \times [0, \varepsilon_0] \rightarrow X(x_0)$  continuă pe  $C^q(\rho)$  pentru orice  $\varepsilon \in [0, \varepsilon_0]$  astfel încît

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{o(\lambda, \varepsilon)}{\varepsilon} = 0, \text{ uniform cu } \lambda \in C^q(\rho)$$

și

$$x(\lambda, \varepsilon) \stackrel{\Delta}{=} x_0 + \varepsilon \xi(\lambda) + o(\lambda, \varepsilon) \in A$$

oricare ar fi  $\lambda \in C^q(\rho)$  și  $\varepsilon \in [0, \varepsilon_0]$  și unde

$$\xi(\lambda) = \sum_{i=1}^q \lambda_i \xi_i, \quad \forall \lambda \in \mathbb{R}^q, \quad \lambda \geq 0$$

Imaginea geometrică a s. este dată în fig. S.2. Acest rezultat, utilizat în punctul final al traiectoriei optimale  $\{\hat{x}(t) | t \in [t_0, t_f]\}$  permite justificarea  $\rightarrow$  p. principiului minimului.



Fig. S.2. Imaginea geometrică a separabilității.

**separarea canalelor**, procedură care permite transmiterea simultan și independent pe aceeași linie de comunicație (canal) a informației provenite de la surse independente. S.c. se poate face în frecvență (prin transmiterea de semnale în benzi diferite de frecvență, detectate prin filtre trece bandă), în timp (prin transmitere serială), în fază (uzual se utilizează sisteme tetravalente sau octovalente), prin formă (corelind semnale de o anumită evoluție în timp, aproximabilă prin polinoame ortogonale), în nivel sau combinat.

**sertar**, element de comandă format dintr-un cilindru în interiorul căruia se deplasează, sub acțiunea unei mărimi exterioare, un piston avînd două sau mai multe gulere. Controlul debitului de fluid prin elementul de comandă se realizează printr-o combinație corespunzătoare de orificii cu secțiuni variabile sau printr-o combinație de orificii cu secțiuni fixe și variabile prevăzute în cilindru. S. se realizează în variantele cu 2, 3 și 4 căi și se utilizează atît în sistemele hidraulice, cît și în cele pneumatice de automatizare, la construcția amplificatoarelor de putere ale reguletoarelor.

**servomecanism**,  $\rightarrow$  sistem automat în care una sau mai multe dintre mărimi sînt de natură mecanică. S. sînt de regulă sisteme de urmărire în cadrul cărora se realizează controlul automat al poziției unui mecanism (platformă, cîrmă etc.) în funcție de variațiile unei mărimi de intrare care poate fi și de altă natură decît mecanică.

BIBLIOTECA DE FIZICĂ



servomotor, motor electric, pneumatic sau hidraulic utilizat ca element de acționare într-un sistem automat. Principalele performanțe ale s. sînt: gamă extinsă de variație a vitezei, stabilitatea și siguranța în funcționare pe întreaga gamă de viteză, cuplu mare la pornire, caracteristici mecanice și de reglaj liniare, momente de inerție reduse, timpi de accelerare/decelerare mici.

servomotor electric de curent alternativ, motor electric de curent alternativ utilizat drept element de acționare. Au aplicabilitate largă pentru comanda organelor de reglare care necesită puteri reduse de acționare, de la fracțiuni la sute de watt, datorită unor proprietăți ca: robustețe mai mare și inerție mai mică decît la servomotoarele cu curent continuu, simplitate a circuitelor de comandă, ș. a. Drept servomotoare de curent alternativ se utilizează de obicei servomotoare asincrone bifazate, care au rotorul în scurtcircuit și statorul pe care sînt plasate două înfășurări decalate electric la  $90^\circ$ . Una din înfășurări este alimentată în permanență de la rețeaua monofazată cu o tensiune constantă și reprezintă înfășurarea de excitație  $IE$ , iar cealaltă de la tensiunea de comandă printr-un amplificator  $A$ , și reprezintă înfășurarea de comandă  $IC$ . Pentru reglarea turației servomotorului asincron bifazat există trei metode: a) reglajul în amplitudine atunci cînd se variază amplitudinea semnalului de comandă,  $U_c$  ( $\lambda$  coeficientul de semnal) în timp ce tensiunea de excitație  $U_e$  rămîne constantă ca valoare efectivă și decalată cu  $90^\circ$  față de  $U_c$  (fig. S.3); b) reglajul în fază în cazul în care valorile efective ale lui  $U_e$  și

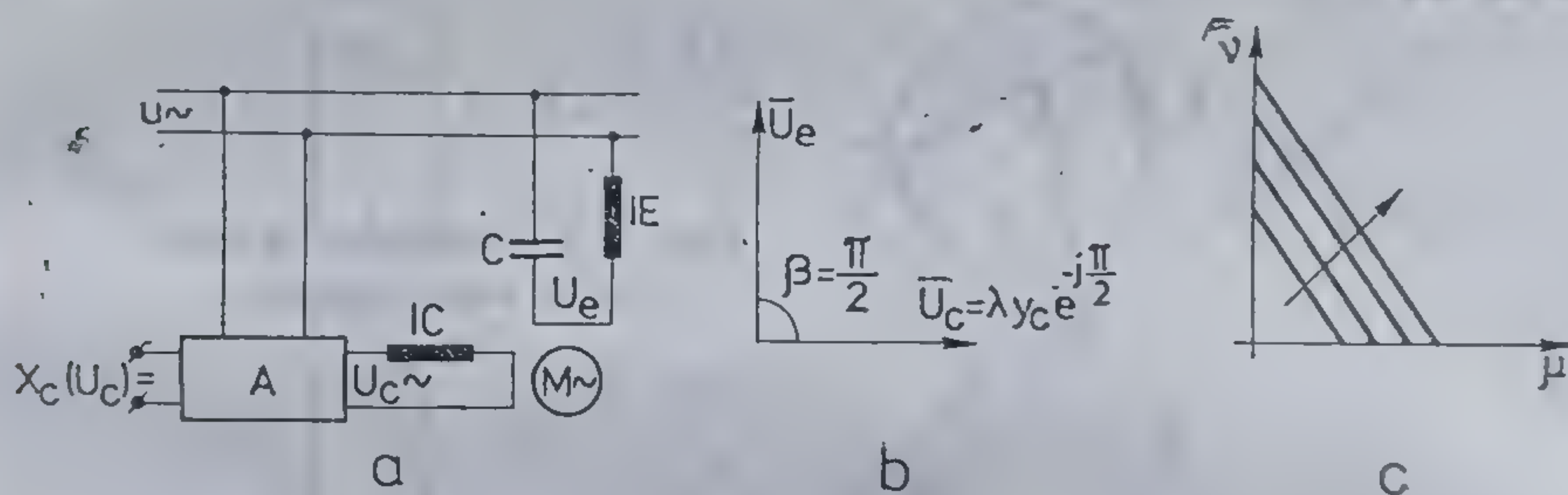


Fig. S.3. Element de acționare cu servomotor de curent alternativ asincron bifazat:

a — schema electrică; b — diagrama fazorială; c — caracteristica mecanică.

$U_e$  rămîn constante, dar faza  $\beta$  dintre ele se modifică; c) reglajul în amplitudine și fază dacă se variază amplitudinea lui  $U_c$  și faza  $\beta$ . Servomotorul asincron bifazat este un motor de turație mare și cuplu mic și de aceea, pentru a acționa organele de reglare este prevăzut cu un reductor care cuprinde un angrenaj demultiplicator pentru reducerea turației și mărirea cuplului.

servomotor electric de curent continuu, motor de curent continuu de construcție specială, ce poate fi realizat în variantele: cu magneți permanenți, cu circuite imprimate, sau fără perii, servind drept element de acționare în sistemele automate. Metodele de reglare a vitezei servomotorului constau în: modificarea tensiunii de alimentare, a fluxului de excitație sau a rezistenței serie, dintre care prima metodă este cea mai eficientă. Comanda servomotorului depinde de tipul amplificatorului final (de tipul convertorului electric ce alimentează indusul). Există două tipuri de amplificatoare liniare (de clasă A) utilizate pentru puteri mici, și cu impulsuri (de clasă B). Amplificatoarele din clasa A (fig. S.4) sînt caracterizate prin forme de undă perfect netede ale tensiunii și curentului furnizate indusului. Amplificatoarele din clasa B sînt caracterizate prin forme de undă discontinue ale tensiunii și curentului



prin indus. Aceste tipuri de amplificatoare pot fi cu comandă prin lăţimea sau frecvenţa impulsurilor (tip chopper) sau prin tiristoare de la reţeaua de curent alternativ. Comanda prin lăţimea impulsurilor se poate face în circuit deschis sau închis (fig. S.5).

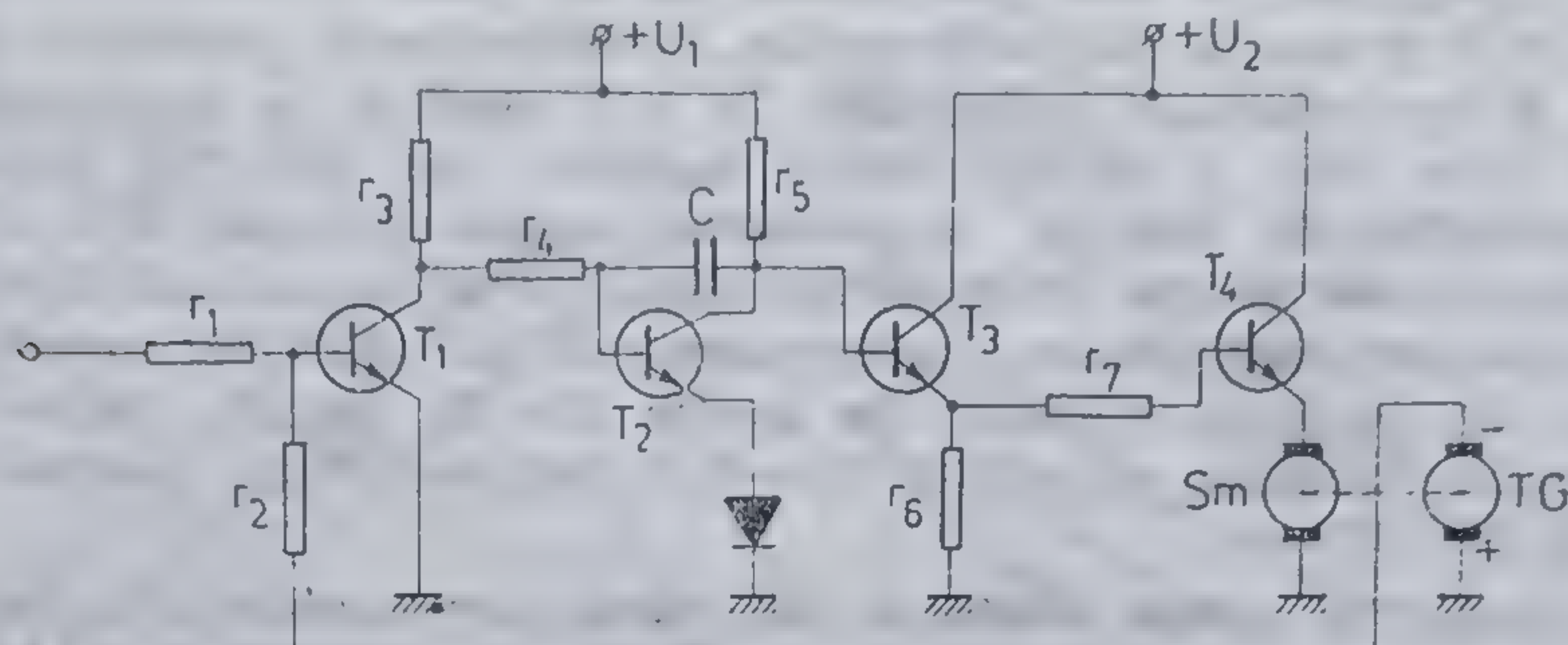


Fig. S.4. Schemă de comandă a servomotorului de curent continuu cu mai multe etaje liniare de amplificare.

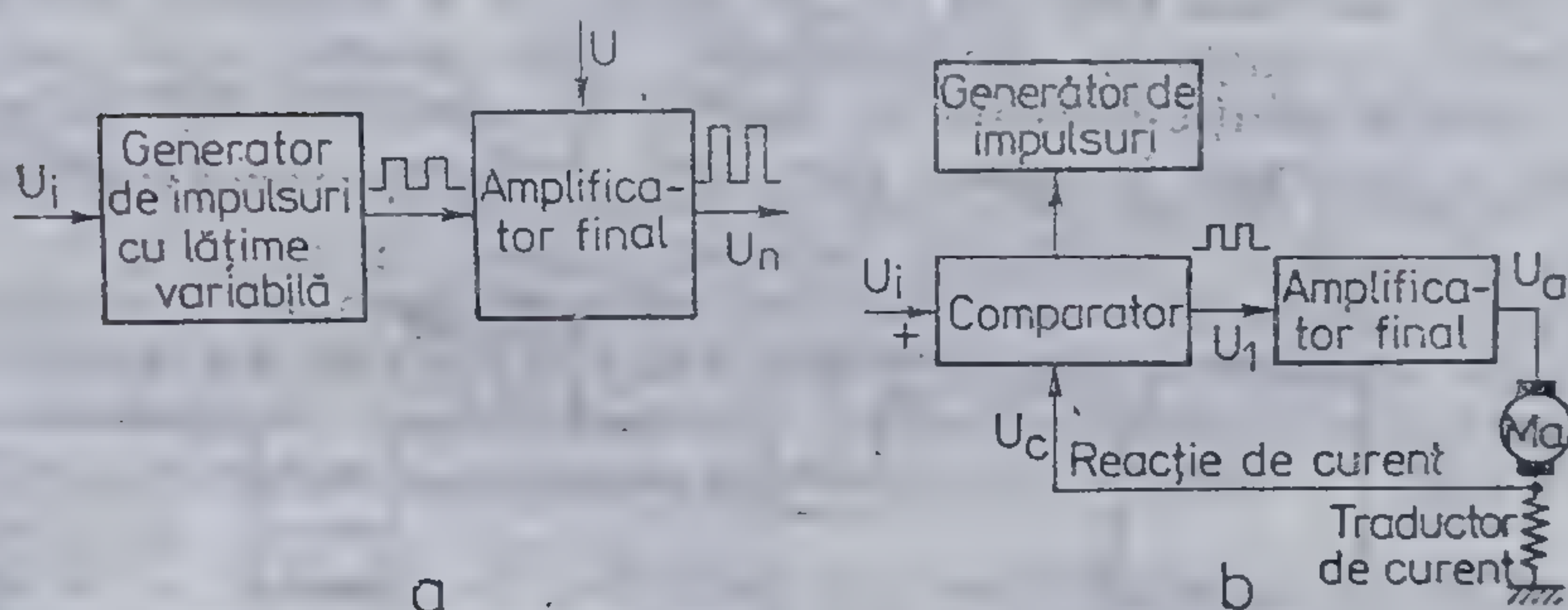


Fig. S.5. Comanda servomotorului de curent continuu prin lăţimea impulsurilor:

a — în circuit deschis; b — în circuit închis.

servomotor de curent continuu cu magneţi permanenţi, servomotor de curent continuu la care indusul-rotor are o construcţie clasică, iar inductorul-stator este realizat cu magneţi permanenţi.

servomotor de curent continuu cu circuite imprimate, servomotor de curent continuu la care indusul-rotor este lipsit de fier, iar inductorul-stator este realizat cu magneţi permanenţi. Avantajele servomotorului de curent continuu cu circuite imprimate: putere specifică (raportată la greutate) relativ mare; caracteristici mecanice riguros liniare, constante de timp electrice neglijabile; gamă de viteze foarte largă, în ambele sensuri, de ex., 1: 10 000 rot/min, sau 0,6: 6 000 rot/min; comutaţie foarte bună în toate regimurile de funcţionare. S-au dezvoltat două variante constructive: cu rotor disc şi cu rotor cilindric.

servomotor de curent continuu cu rotor cilindric, servomotor de curent continuu cu circuite imprimate, la care rotorul este un cilindru gol pe care se află imprimat bobinajul indusului. Prezintă viteze şi acceleraţii extrem de ridicate, cu momente de inerţie proprii de până la  $2 \cdot 10^{-7}$  kgm<sup>2</sup> (indus + tahogenerator) şi acceleraţii de la 1 la 3 000 rot/min în 2 ms. Sînt cele mai rapide servomotoare de curent continuu.



servomotor de curent continuu cu rotor disc, servomotor de curent continuu cu circuite imprimate, la care rotorul este alcătuit din unul sau mai multe straturi de conductoare lamelare din cupru, imprimate sau ștanțate, izolate între ele. Gama de putere este de: până la 10 kW, și turații până la 4 000 rot/min. Aplicațiile lor sînt poziționare pas cu pas, intermitentă și continuă, la acționări de avans ale mașinilor unelte, la echipamente periferice ale calculatoarelor, la servocomenzi industriale. În țara noastră, se realizează servomotoare cu rotor disc și tahogenerator înglobat (tip SMUTI), pentru care se dau caracteristicile tehnice importante: cuplu nominal 478—1 750 Ncm; cuplu impulsional maxim 3 100—8 250 Ncm; turație nominală 3 000 rot/min; turație maximă 3 600 rot/min; putere nominală 1,5—5,5 kW; constanța cuplului 23,5—50 (Ncm)/A; moment de inerție 28—98 kgcm<sup>2</sup>; cădere de turație în sarcină la tensiune constantă 0,5—0,1 (rot/min)/Ncm; constantă de timp mecanică 10—12 ms.

servomotor de curent continuu fără perii, servomotor de curent continuu la care se inversează constructiv indusul cu inductorul (rotorul susține polii magnetici de excitație, iar statorul — creștăturile înfășurării indusului), și la care lipsesc periiile. Avantajul esențial al acestui tip de servomotor îl constituie accesul direct la indusul mașinii. Comanda servomotorului fără perii se face prin controlul tensiunii de alimentare sau a unghiului de comutație, traductorul de unghi al servomotorului fiind montat astfel încît senzorii săi să ocupe o poziție decalată cu unghiul de comutație, față de poziția de echilibru a rotorului în repaus (fig. S.6). Acțiunea celor doi parametri de

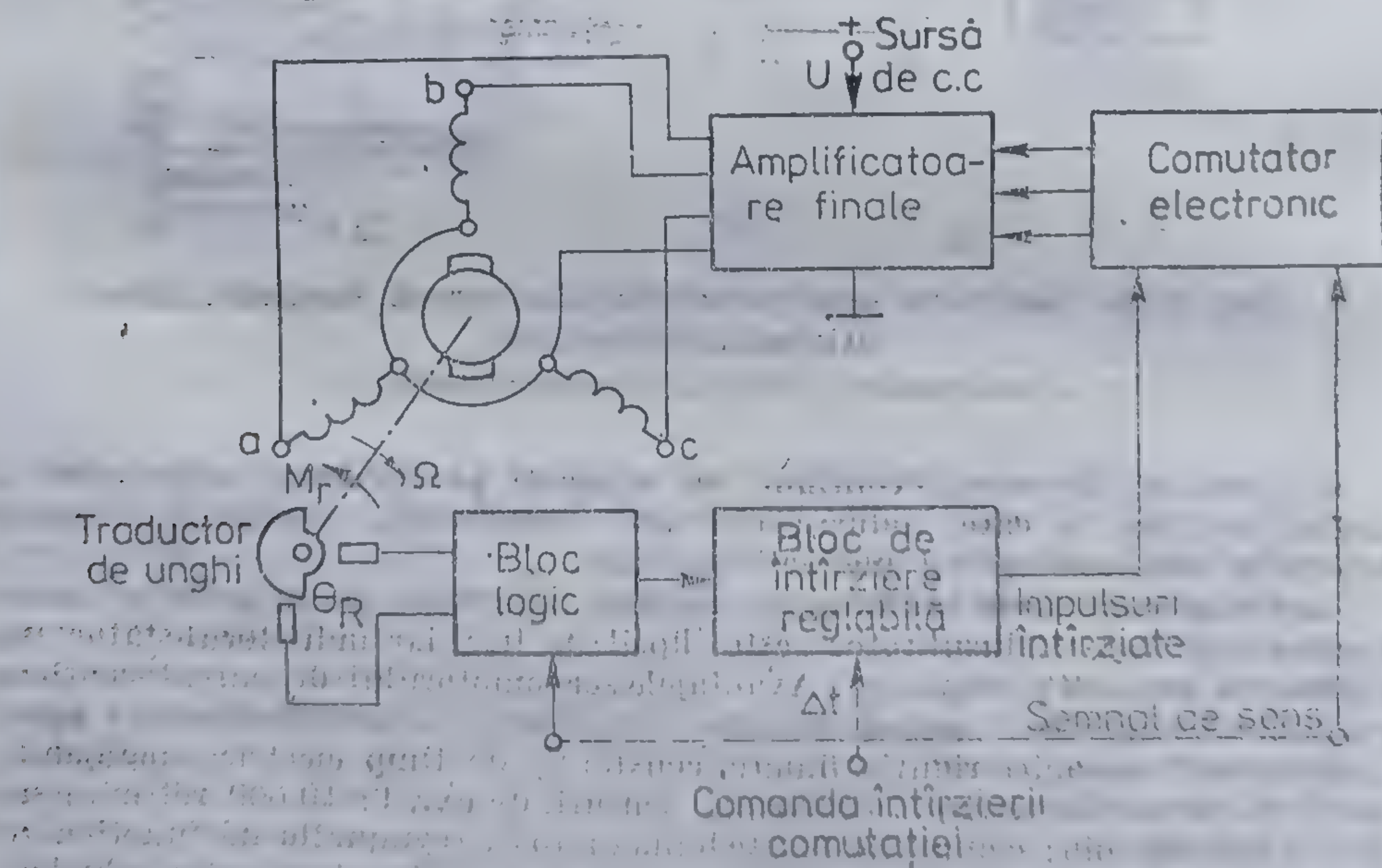


Fig. S.6. Schema servomotorului de curent continuu cu comandă electronică.

reglare este inversă: creșterea tensiunii de alimentare  $U$  duce la creșterea vitezei (liniar), în timp ce creșterea întârzierii comutației  $\Delta t$  (reducerea unghiului echivalent de comutație  $\theta_c$ ) determină scăderea vitezei de regim.



Cele două puncte de acces pentru reglarea vitezei servomotorului de curent continuu cu comutație electronică se află unul pe calea directă — blocul amplificatoarelor finale, și unul pe calea de reacție — blocul de întârziere. Metoda reglării în circuit închis a tensiunii de alimentare este cea mai eficientă, conducând la comportări liniare și asigurând o gamă largă de viteze (fig. S.7).

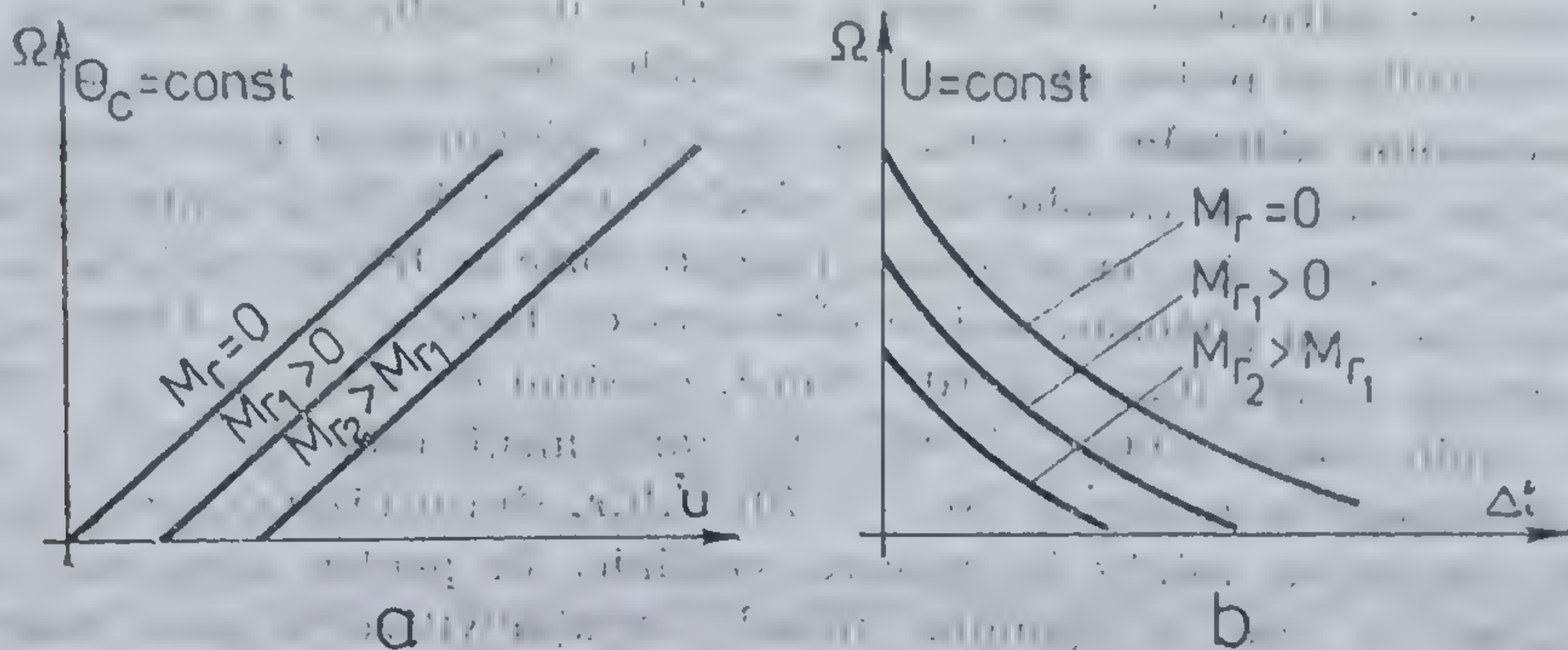


Fig. S.7. Caracteristici de reglare a servomotorului de curent continuu fără perii:

a — viteză-tensiune, la  $\theta_c = \text{const.}$ ; b — viteză-întârziere, la  $\theta_c = \text{const.}$

servomotor hidraulic, servomotor ce transformă energia potențială a unui lichid sub presiune în energie mecanică sub formă de deplasare rectilinie sau unghiulară. S.h. dezvoltă puteri mari la ieșire, la dimensiuni constructive relativ reduse. S.h. sînt utilizate în special la acționarea organelor de execuție ce necesită forțe sau cupluri însemnate (acționarea săniilor mașinilor unelte, a ventilelor de reglare a turbinelor hidraulice, a turbinelor cu abur, a motoarelor termice).

servomotor hidraulic cu poziționar, servomotor hidraulic cu reacție negativă, prin care se realizează o dependență proporțională între semnalul de comandă și deplasarea tijei. După modul în care se face măsurarea poziției și transformarea ei în semnal de reacție negativă se deosebesc: servomotoare hidraulice cu reacție electrică (fig. S.8), mecanică sau fluidică.

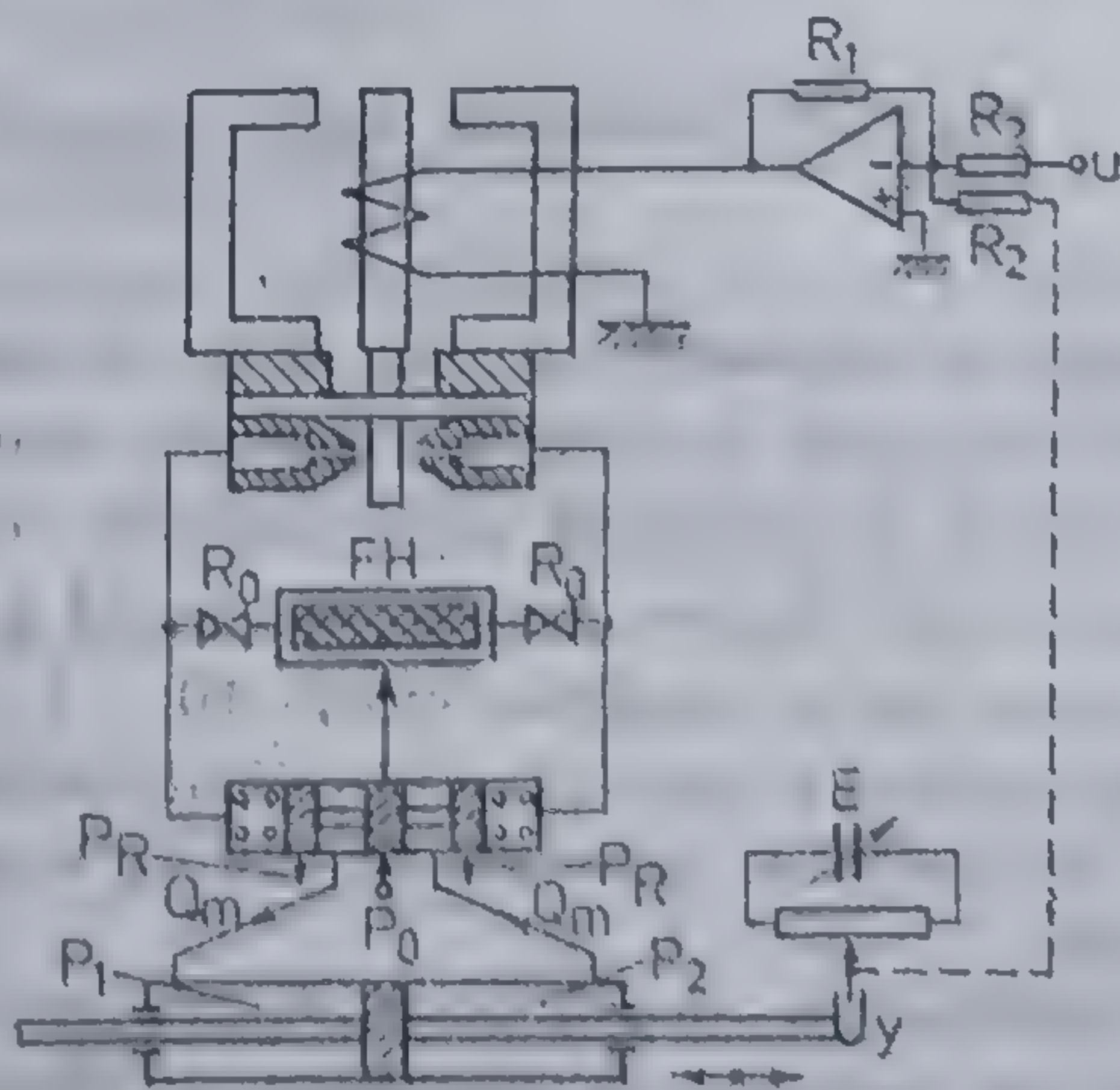


Fig. S.8. Servomotor hidraulic cu reacție electrică.



**Servomotor hidraulic liniar**, servomotor hidraulic destinat acțiunilor reglabile pentru deplasări liniare, unde intervin forțe mari și reversări de sens. Construcția lor necesită luarea unor măsuri speciale pentru obținerea unor caracteristici funcționale adecvate: utilizarea de garnituri speciale de etanșare cu grafit antifricțiune, pentru a determina coeficienți de frecare practic independenți de viteză; introducerea frecării lichide cu sustentăție hidrostatică; introducerea de canale circulare de egalizare a presiunii. S.h.l. sînt construite cu piston cu simplu sau dublu efect și mai rar cu membrane.

**Servomotor hidraulic rotativ**, servomotor hidraulic al cărui principiu de funcționare constă în transformarea mișcării rectilinii în mișcare de rotație. Constructiv s.h.r. sînt: cu pistonase (asigură forțe de frecare mici, au un randament bun); cu pistonase axiale (domeniu de turație: 50...4 000 rot/min), momente de inerție  $(0,1...5) \cdot 10^{-3} \text{ Nms}^2$ , presiuni de lucru pînă la 150 daN/cm<sup>2</sup>, cuplu motor 1 000...3 000 Nm, randament total 92—98 %); axiale; orbitale (raport de reglare 1: 50...1: 70). S.h.r. sînt utilizate pentru transformarea mișcării de rotație în mișcare rectilinie, fie pentru adaptarea turației sale proprii la aceea a organului mobil. Variația vitezei se poate realiza cu rezistențe hidraulice variabile sau volumic capacități hidraulice de volum variabil.

**Servomotor pneumatic**, servomotor ce transformă energia potențială a aerului comprimat într-o energie mecanică de translație sau rotație. Se realizează cu piston și membrană, cu simplu sau dublu efect. Structura unui element de execuție cu s.p. este dată în fig. S.9. Caracteristicile s.p. sînt: puteri mari la ieșire la dimensiuni de gabarit relativ reduse, construcție

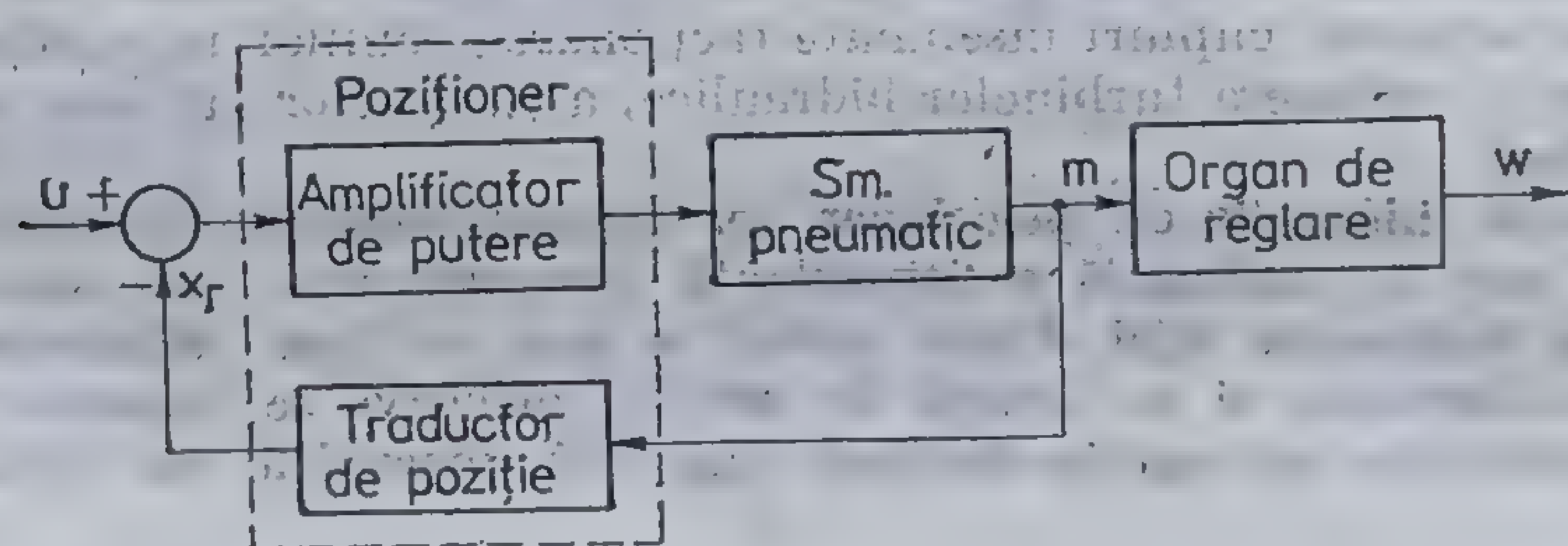


Fig. S.9. Structură unui element de execuție cu servomotor pneumatic.

simplă și compactă, durată mare de funcționare. S.p. au aplicații în industriile minieră, petrolieră, chimică, unde există pericol de incendii. S.p. cu piston au următoarele particularități: constante de timp mici, forța dezvoltată în tijă rămîne practic constantă pe toată lungimea cursei la presiunea de lucru dată, lungimea cursei 10...4 000 mm. S.p. cu membrană au drept caracteristici domeniul presiunii de comandă unificat, curse mici ale organului de execuție, forța dezvoltată de membrana în tijă variabilă pe lungimea cursei.

**Servovalvă**, amplificator electrodinamic utilizat pentru comanda elementelor de execuție de tip hidraulic. Sistemele în buclă deschisă cu acționare



continuă să fie formate dintr-o s. și un motor hidraulic, cu care formează o unitate constructivă și funcțională independentă (fig. S.10). Sînt utilizate în sistemele de avans și acționare principală a mașinilor unelte. S. electrohidraulice asigură și o amplificarea în putere, în acționarea precisă în timp foarte scurt a sarcinilor cu inerție mare și cuplu la sarcină mare.

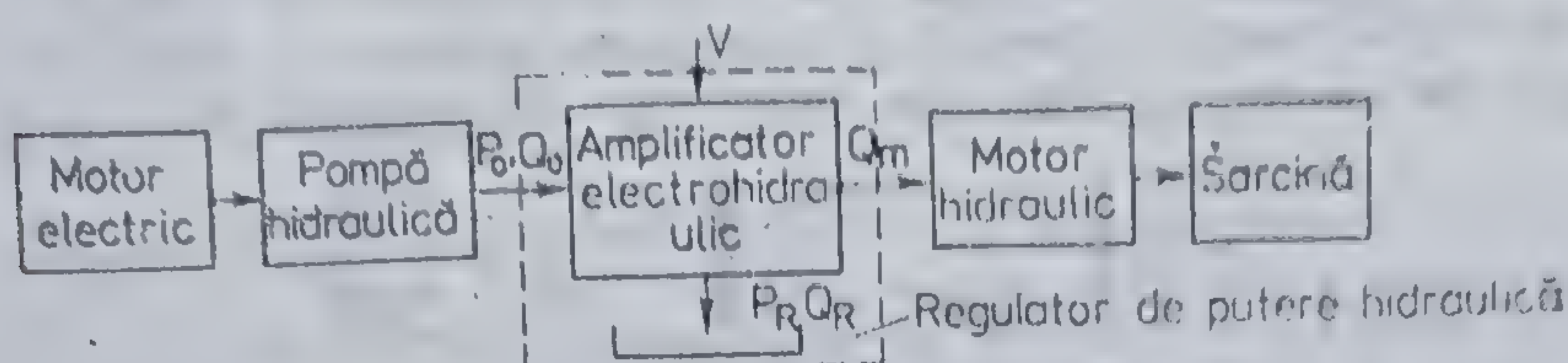


Fig. S.10. Sistem de acționare cu servovalvă a unui motor hidraulic.

simbol, 1. element fundamental ireductibil care conține informație; se mai numește și literă; 2. entitate care desemnează un obiect sau o stare, printr-o reprezentare fizică care poate fi înregistrată, transmisă sau prelucrată.

simulare, procedeu de reprezentare a unui proces real printr-un model idealizat, fizic realizabil sau numai conceptual, prin intermediul căruia se urmărește obținerea de informații privind comportarea procesului respectiv. Procese imposibil sau neeconomic de tratat și analizat în realitate (de ex., evaluarea comportării anumitor instalații industriale în regimuri critice, evaluarea unor soluții constructive, determinarea fiabilității unor echipamente și agregate etc.) se pot soluționa convenabil prin s. În general, s. cuprinde cinci etape: definirea scopului, modelarea, implementarea modelului, colectarea și interpretarea rezultatelor.

simulare a automatelor, un automat  $A = (U, X, Y, \varphi, \eta)$  este simulat de un automat  $A' = (U', X', Y', \varphi', \eta')$ , dacă există un triplet de funcții  $(f_u, f_x, f_y)$  cu proprietățile:

- (a)  $f_u: U \rightarrow U'$ ;  $f_x: X \rightarrow X'$ ;  $f_y: Y \rightarrow Y'$
- (b)  $\varphi'(f_u(u), f_x(x)) = f_x(\varphi(u, x))$
- (c)  $\eta'(f_u(u), f_y(y)) = f_y(\eta(u, x))$

Noțiunea de simulare poate fi înțeleasă astfel: automatul  $A'$  prevăzut cu dispozitivul de codificare  $f_u: U_1 \rightarrow U_2$  și cu cel de decodificare descris de funcția  $f_y: Y' \rightarrow Y$  realizează aceeași activitate de prelucrare a informației ca și automatul  $A$  (fig. S.11). Dacă  $A'$  simulează  $A$  atunci se spune că  $A$

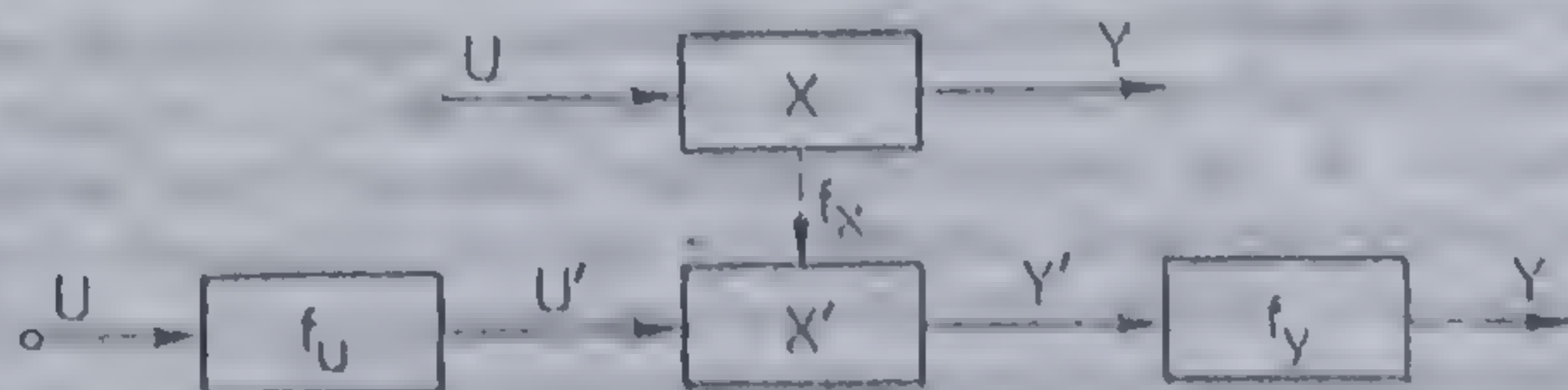


Fig. S.11. Simularea automatelor.



divide  $A'$  și se notează  $A/A'$ . Dacă  $A/A'$  și  $A'/A$  automatele  $A$  și  $A'$  sînt slab echivalente și se mai numesc și automate asociate. O definiție echivalentă cu a simulării este formulată și prin  $\Rightarrow$  homomorfism de automate.

simularea sistemelor, metodă de determinare a răspunsului sistemelor dinamice. Procedeu clasic de s.s. este acela al utilizării calculatoarelor analogice care pe baza amplificatoarelor operaționale pot realiza funcționalități de sumare-amplificare, inversare de semn, integrare cu condiții inițiale, ponderare cu o constantă, precum și dependențe neliniare de tipul: înmulțire, împărțire de funcții, extragere de radical etc. Fie sistemul liniar avînd

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0,9 & -1,2 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$c^T = [1 \quad -1]$$

cu condiția inițială  $x(0) = [1 \quad -1]^T$  și la care mărimea de intrare este treapta unitară ( $u(t) = 1(t)$ ). Atunci, cum din ecuațiile de stare, se obține

$$\dot{x}_1(t) = x_2(t)$$

$$\dot{x}_2(t) = -0,9x_1(t) - 1,2x_2(t) + u(t)$$

$$y(t) = x_1(t) - x_2(t)$$

cu  $x_1(0) = 1$  și  $x_2(0) = -1$ , determinarea răspunsului  $y(t)|_{t \geq 0}$  prin simulare se face pe baza modelului analogic din fig. S.12. Utilizînd subrutine de inte-

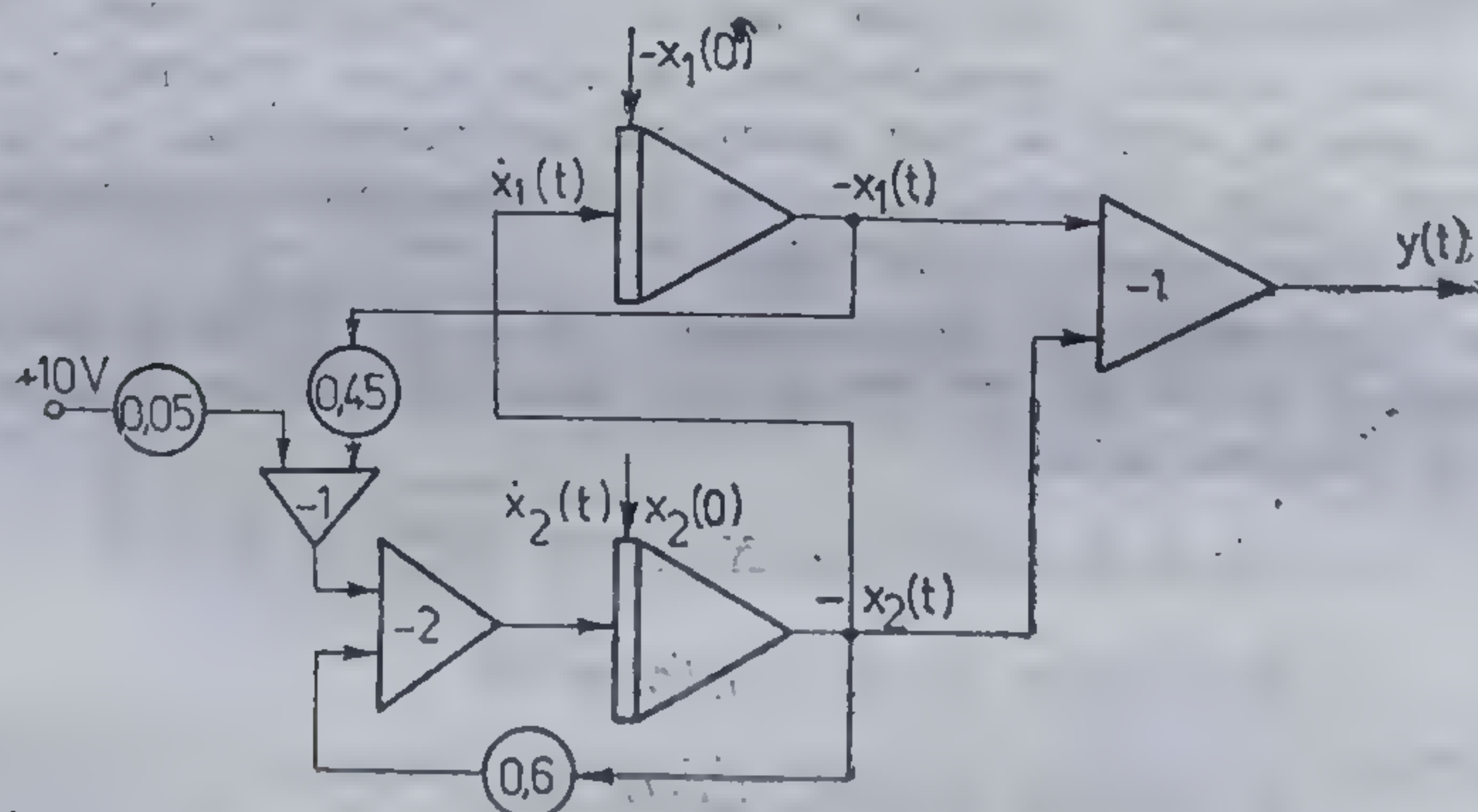


Fig. S.12. Model analogic de simulare.

grare numerică, se pot construi programe de s.s. dinamice pe calculatoare numerice, în acest sens existînd chiar programe integrate implementate pe calculatoare universale.

sincronizare automată a mașinilor sincrone, operație de aducere a unui generator sau compensator sincron în situația de a fi cuplat în paralel cu un altul sau cuplat la un sistem energetic, pornind din momentul în care generatorul are o turație mult diferită de turația sincronă și cînd tensiunea sa electromotoare este mult diferită de cea corespunzătoare funcționării în gol, pînă în momentul anclansării întreruptorului prin care înfășurările statorului se conectează la barele de tensiune. Operația de sincronizare are



două etape: una preliminară, care constă în aducerea mărimilor electrice caracteristice (tensiune, frecvență, fază) la valorile necesare pentru a se comanda închiderea întreruptorului de cuplare, și operația propriu-zisă de cuplare prin închiderea întreruptorului la momentul cel mai convenabil pentru a reduce la minimum solicitările electrice și mecanice. Corespunzător acestor etape, un sincronizator automat cuprinde: regulatorul de sincronizare și aparatul de cuplare automată. Fie  $\delta$  unghiul dintre fazorii tensiunii generatorului și sistemului,  $\delta(t) = (\omega_G - \omega_S) t$  unde  $\frac{\omega_G}{2\pi} \left( \frac{\omega_S}{2\pi} \right)$  reprezintă

frecvența generatorului (sistemului). Există metode de sincronizare automată precisă (la care  $\delta$  este 0 sau multiplu de  $2\pi$ ) și de sincronizare automată aproximativă, sau autosincronizare (care nu cere decât o egalizare aproximativă a tensiunilor și respectiv frecvențelor, permițând cuplarea la orice valoare a unghiului electric  $\delta$ ). Sincronizarea precisă se poate realiza cu unghi constant de anticipare (la care comanda de închidere a întreruptorului se dă măsurând un unghi electric constant de anticipare  $\delta_a$  față de momentul cînd  $\delta_a \approx 2k\pi$ ) sau cu timp constant de anticipare (comanda de închidere a întreruptorului se dă cu un timp constant de anticipare  $t_a$  față de momentul cînd  $\delta \approx 2k\pi$ ). Schema bloc a dispozitivului de sincronizare este dată în fig. S.13.

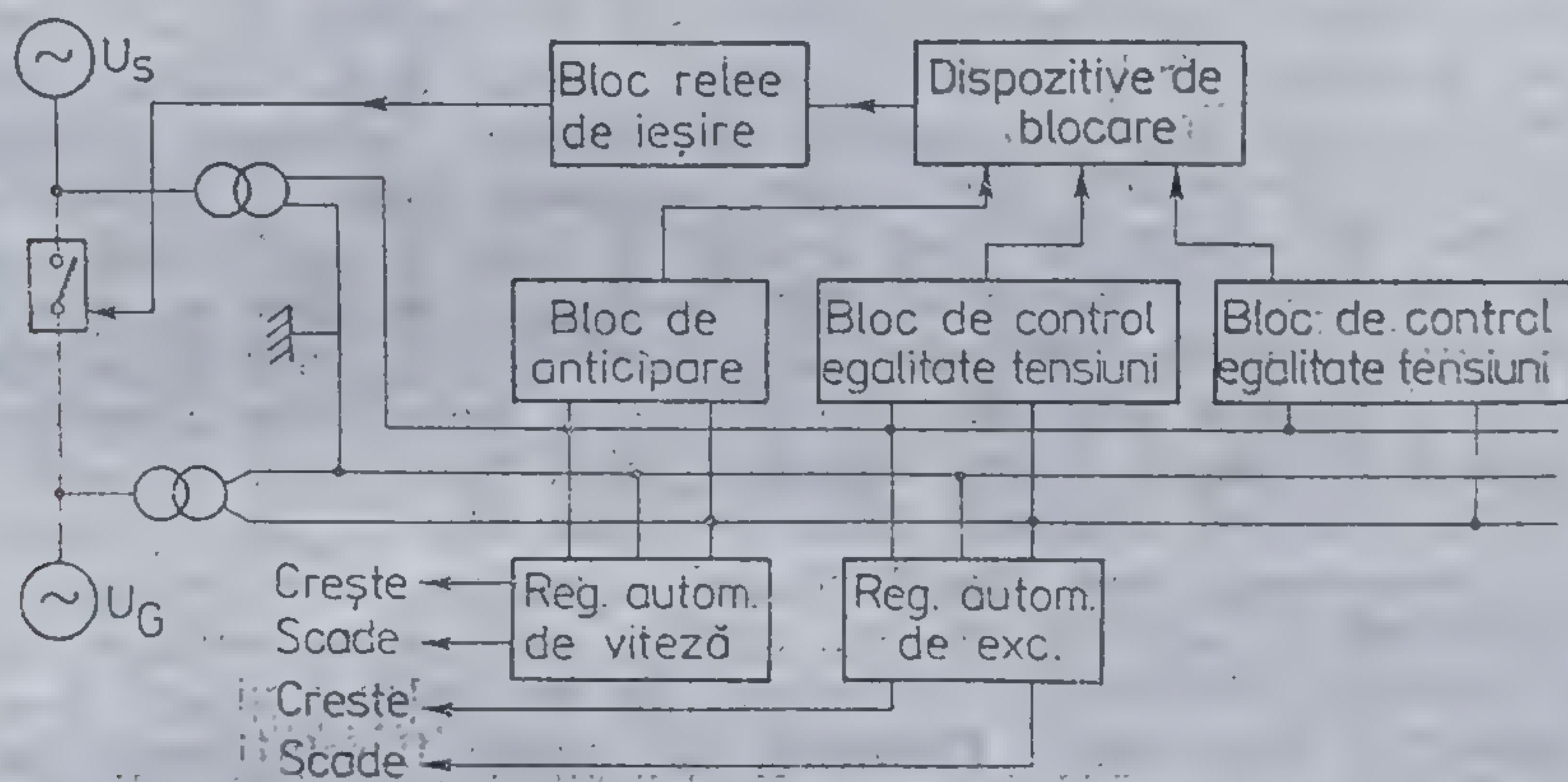


Fig. S.13. Schema bloc a dispozitivului de sincronizare.

**sincronizare de grup**, procedură de sincronizare în sisteme de transmitere discretă a informației realizată prin cuvinte de cod, care se caracterizează prin intercalarea în fluxul informațional principal sub forma unei combinații de cod, numită secvență sau grupă de sincronizare. Simbolurile ce alcătuiesc grupa de cod pot fi consecutive sau distribuite în interiorul unui ciclu care este constituit dintr-un anumit număr de caractere.

**sincronizare de simbol** (în sisteme de transmitere discretă a informației), procedură de asigurare a momentului optim de extragere a informației conținute de un simbol informațional, astfel ca raportul semnal/zgomot să fie maxim. Succesiunea momentelor de testare depinde de succesiunea informațiilor trimise, și din acest punct de vedere există trei sisteme: sincrone, asincrone și start-stop. În sistemele sincrone tranzițiile între impulsuri apar la intervale egale cu multipli ai duratei unui simbol, iar sincronizarea se realizează printr-o succesiune periodică de impulsuri, corelate cu semnalul util fie pe baza unei informații transmise pe alte căi (sisteme sincrone indepen-



dente), fie pe baza informației extrase din însăși semnalul recepționat (sisteme sincrone dependente). În sistemele asincrone tranzițiile între impulsuri apar la intervale întâmplătoare; impulsurile de testare pentru sincronizarea de simbol se obțin pe baza unor caracteristici ale semnalului recepționat: tranziții, pauze, motiv din care aceste sisteme se mai numesc cu sincronizare pas cu pas. Sistemele start-stop se caracterizează prin aceea că tranzițiile apar periodic, deși caracterele apar la intervale aleatoare. La aceste sisteme sincronizarea se realizează prin secvențe scurte de impulsuri de testare, generate la comanda unui impuls special de start.

**sinfazare**, procedură de sincronizare utilizată în sisteme discrete de transmitere a informației, constând în asigurarea pornirii oscilatorului bazei de timp de la recepție în fază cu oscilatorului bazei de timp de la emisie (ambele oscilatoare funcționând pe aceeași frecvență).

**singularitate**, punct  $s_0 \in C$  pentru care în orice disc  $\Delta(s_0, \rho)$  se găsesc atît puncte în care funcția  $H(s)$  este monogenă cît și puncte în care nu este monogenă sau nu este definită. Pentru  $H(s)$  o funcție rațională ireductibilă, s. sînt polii acesteia, adică zerourile numitorului.

**sinteza sistemelor**, capitol de bază al teoriei sistemelor ce are ca obiect determinarea unui sistem (automat) care să satisfacă o serie de performanțe (criterii) impuse. Mai concret, dîndu-se un sistem „parte fixată”, o listă de performanțe pentru mărimea de calitate, s.s. își propune determinarea sistemului de conducere (regulatorul automat), astfel încît sistemul (automat) astfel realizat să satisfacă dezideratele de conducere conținute în performanțele impuse, în contextul în care asupra întregului sistem și îndeosebi asupra părții fixate, acționează în mod inerent o serie de perturbații cunoscute cel mult prin clasa de funcții de care aparțin. Avantajele pe care le oferă structura automată (desensibilizarea la perturbații și la variația parametrilor, stabilizarea sistemelor instabile etc.) fac ca în majoritatea cazurilor s.s. să fie concepută în cadrul acestei structuri, fiind foarte rare cazurile în care ea se face în structură deschisă. Unele particularități ale părții fixate pot să determine conceperea unei structuri mai complexe, care are însă la bază structura de sistem automat (de ex., reglarea poziției la motoarele electrice se face în cadrul unei structuri în cascadă, pentru reglarea vitezei și a curențului rotorului al motorului). Problema s.s. poate fi soluționată după cum urmează: 1. *Sinteza clasică a sistemelor automate liniare* operează cu sisteme avînd o intrare și o ieșire, pentru care lista de performanțe uzuală este constituită pe baza performanțelor locale ale răspunsului (suprareglaj, timp tranzitoriu, eroare staționară la intrare polinomială dată etc.). Metodele tipice de soluționare a problemei de sinteză clasică le reprezintă metodele de frecvență bazate pe caracteristicile de frecvență (caracteristici logaritmice, hodograf, diagramele Nichols etc.) ale funcțiilor de transfer  $H(s)$  sau  $H(z)$ . Etapele de bază în cadrul unei metode de sinteză în frecvență sînt: transpunerea performanțelor dorite în caracteristicile de frecvență; construirea caracteristicilor de frecvență pentru funcția de transfer a părții fixate; determinarea caracteristicilor de frecvență ale regulatorului automat; determinarea funcționalității regulatorului automat care presupune și o operație de aproximare în sensul unei realizări fizice mai simple, care să nu afecteze prea mult performanțele impuse. Tot în cazul sintezei clasice a sistemelor automate merită menționată și metoda  $\rightarrow$  *locului geometrie al rădăcinilor*; specificul metodei este că din performanțele impuse se determină o distribuție de poli pentru  $H_0(s)$  ( $H_0(z)$ ) care să asigure îndeplinirea acestor performanțe, adică este o metodă de alocare (a polilor). Alocarea completă (a polilor și zerourilor) funcției de transfer în circuit închis  $H_0(s)$  ( $H_0(z)$ ) pe baza performanțelor impuse este ideea



ce a stat la baza metodei poli — zerouri; o dată determinat  $H_0(s)$  ( $H_0(z)$ ) analitic se determină  $H_R(s)$  ( $H_R(z)$ ) funcția de transfer a regulatorului automat continuu (discret). Dezavantajul principal al acestei ultime metode constă în faptul că regulatorul automat rezultă cu o structură foarte complexă, greu de realizat fizic. Și, în sfârșit, în cazul sistemelor discrete, o metodă de soluționare a problemei de sinteză clasică este metoda sintezei cu timp tranzitoriu finit, la care se impune ca anularea erorii sistemului automat discret să se facă într-un număr finit de pași. 2. *Sinteza generală a sistemelor automate liniare* este bazată pe metode generale de stabilizare (alocare) a sistemelor cu mai multe intrări și mai multe ieșiri. Dezideratele de conducere se consideră a fi direct transpuse într-o distribuție de poli (valori proprii) care le asigură. Sinteza generală a sistemelor presupune încadrarea în una din următoarele probleme: a) problema stabilizării prin reacție după stare, după ieșire sau prin compensare dinamică. În cazul reacției după stare apare necesară construcția unui estimator de stare, de lege de comandă sau de funcțională; b) problema rejecției exacte a perturbațiilor, adică de invarianță completă a sistemului la perturbațiile ce acționează asupra sa; c) problema reglării ce presupune rejecția asimptotică a perturbațiilor și urmărirea (asimptotică) a programului de conducere pentru mărimea de calitate. Aceasta se completează cu condiții suplimentare, obținându-se problema reglării intern stabile sau problema reglării structural stabile. O altă metodă de soluționare a sintezei generale este aceea a conducerii prin decuplare. 3. *Sinteza optimală a sistemelor liniare*, sinteza sistemelor în cazul în care dezideratele de conducere sînt sintetizate de un criteriu de optimalitate global, care este în general un criteriu integral. Problema este complet soluționată în cazul în care criteriul de optim este de tip pătratic. Rezultate interesante sînt obținute în cazul sistemelor liniare stochastice, adică la care se ține expres cont de caracterul nedeterminist al mărimilor din sistem. În cazul sistemelor neliniare, lăsînd la o parte metodele ce se bazează pe reducerea acestora la sisteme liniare, practic nu există metode generale de sinteză, soluțiile vizînd cazuri particulare.

sistem autoadaptiv, sistem automat în care dispozitivul de conducere, avînd o structură dată își poate modifica parametrii prin intermediul unui bloc ce aparține acestuia, în sensul îndeplinirii unui indice de calitate de către sistem. Structura unui s.a. este dată în fig. S.14 în care *PF* — partea fixată

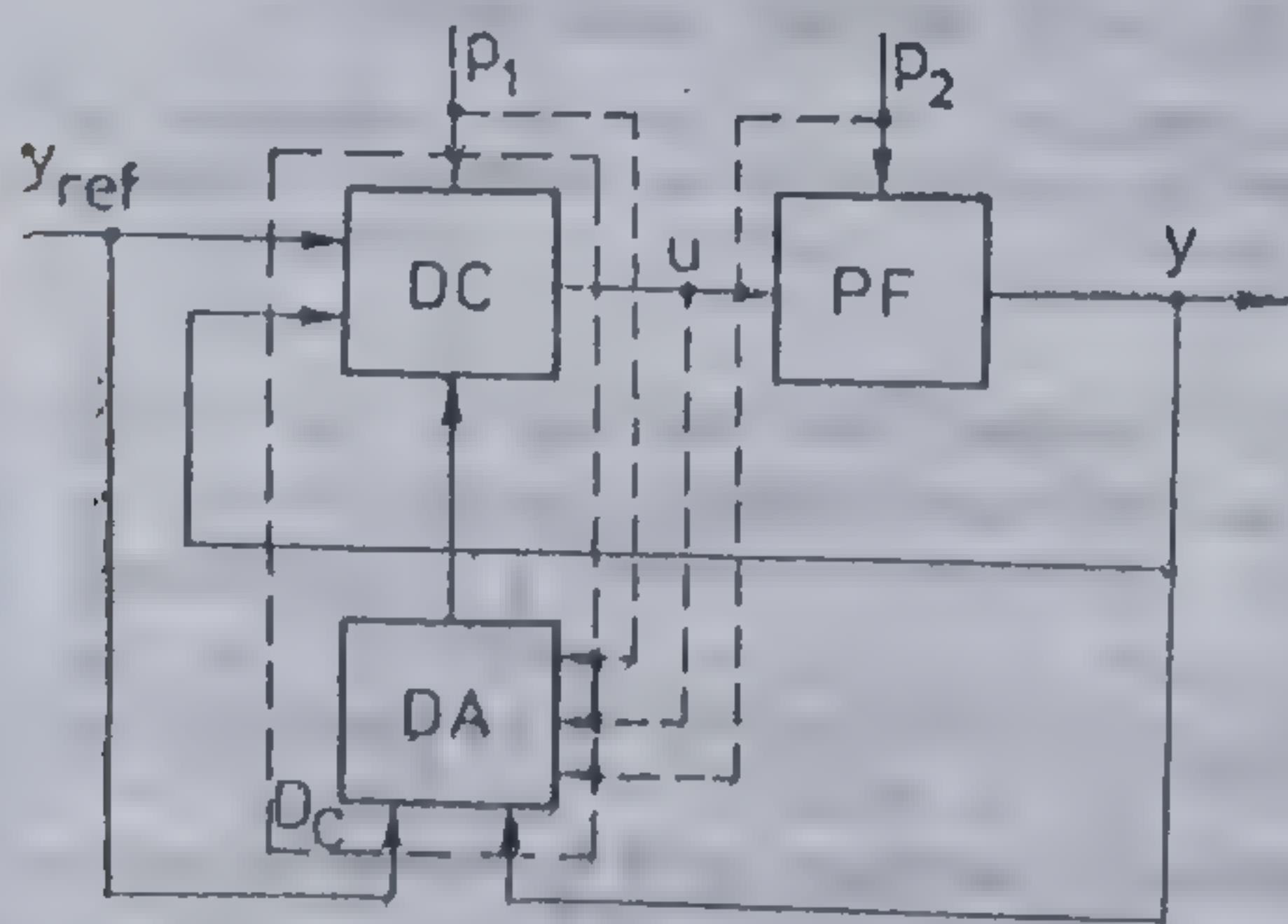


Fig. S.14. Structura unui sistem autoadaptiv.

la sistemului, *DC* — dispozitiv de conducere propriu-zis, *DA* — dispozitiv de adaptare,  $p_1, p_2$  — perturbații, liniile punctate desemnînd informații ce pot să lipsească. *DA* aparține în mod nemijlocit sistemului, mai precis dispozitivului de conducere *DC*. Structura sistemului se păstrează și în cazul în



care  $y_{ref}$ ,  $u$ ,  $y$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  reprezintă vectori. De ex., în cazul unui  $\rightarrow$  sistem optimal ca rapiditate la care, pentru un caz simplu,  $D_C$  are funcționalitatea

$$u = U \operatorname{sign} \psi = U \operatorname{sign} \left[ y + a \left( \frac{dy}{dt} \right)^2 \operatorname{sign} \left( \frac{dx}{dt} \right) \right]$$

cu  $U$ ,  $a$  constante și  $y$  poziția. Scriind această relație

$$u = U \operatorname{sign} \left[ y + k \frac{dy}{dt} \right]$$

cu

$$k = a \left| \frac{dy}{dt} \right|$$

se poate constata că  $D_C$  s-a structurat în  $DC$  — (prima relație) și dispozitivul de adaptare  $DA$  (a doua relație).

sistem autoinstruibil, sistem capabil ca pe baza unei analize corelate între deciziile luate și valorile unui criteriu de calitate aprioric impus, în prezența mărimilor perturbatoare, să-și ajusteze funcționarea în scopul atingerii unor performanțe îmbunătățite. Sistemele care aparțin acestei clase nu sînt riguros delimitate, în această categorie intrînd și sistemele autoadaptive, autoacordabile etc. Termenul este curent utilizat în sistemele pentru recunoașterea formelor.

sistem automat, sistem avînd structura standard din fig. S.16. Caracteristic s.a. este conducerea după eroarea  $\varepsilon$ . Aceasta impune: prezența conexiunii

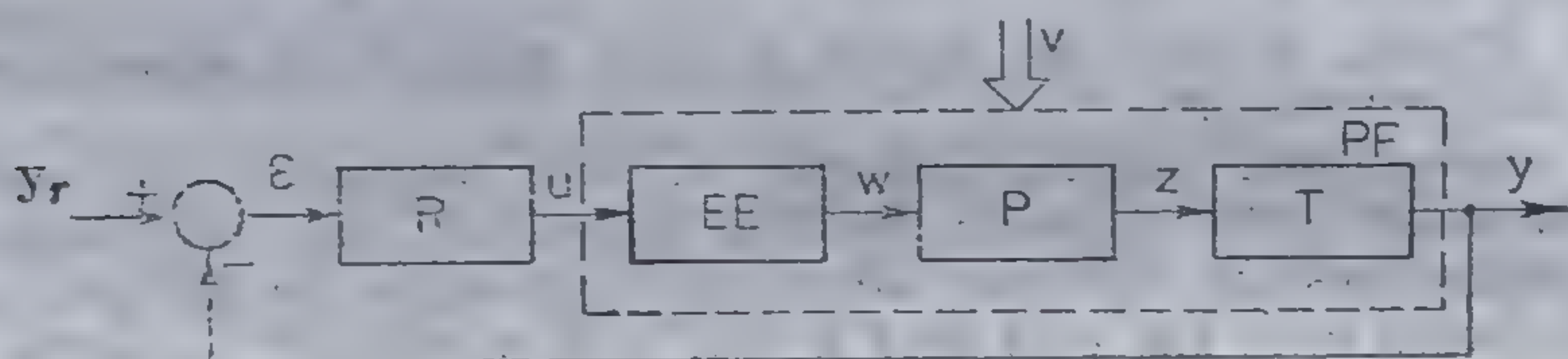


Fig. S.15. Structura unui sistem automat:

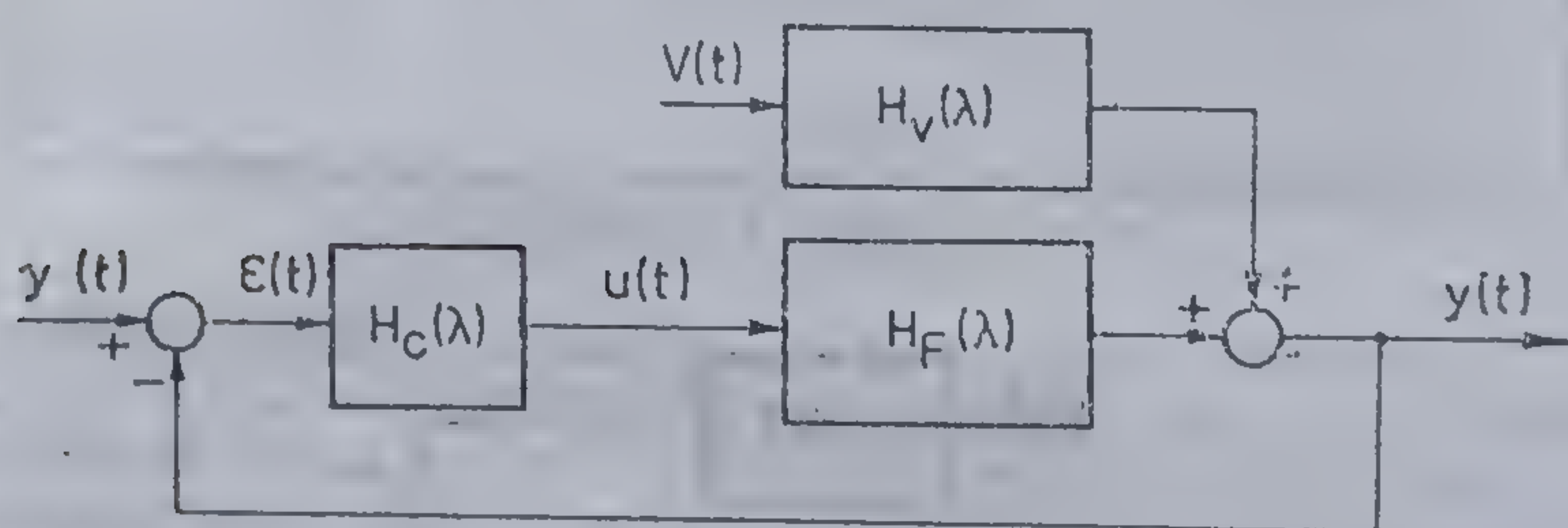
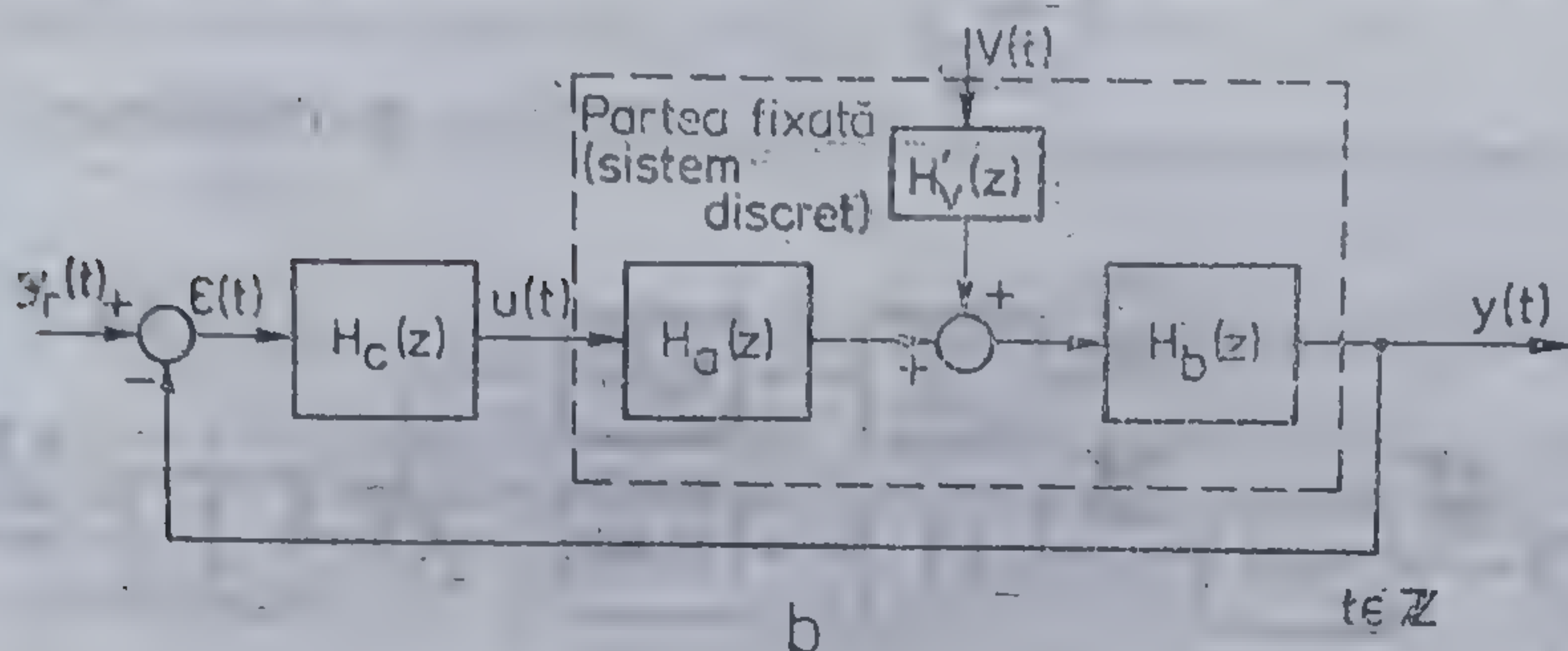
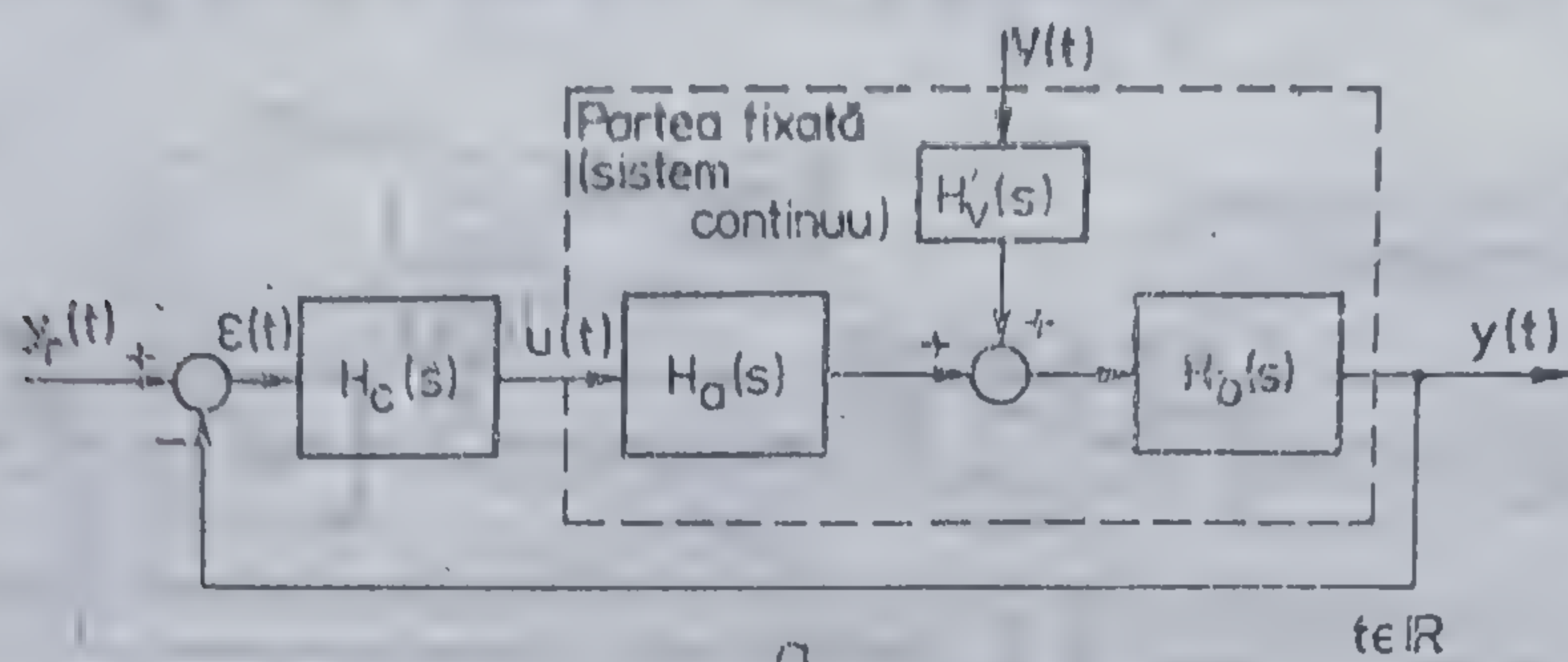
$R$  — regulator (compensator);  $EE$  — element de execuție;  $P$  — proces;  $T$  — traductor;  $PF$  — parte fixată;  $y_r$  — mărime de referință;  $\varepsilon$  — eroarea;  $u$  — mărimea de comandă;  $w$  — mărimea de execuție;  $z$  — mărimea condusă (reglată);  $y$  — măsura;  $v$  — perturbația.

inverse necesară obținerii erorii prin comparația măsurii  $y$  cu mărimea de referință  $y_r$ ; prezența regulatorului  $R$  cu funcția esențială de a elabora comanda  $u$  pe baza unei prelucrări adecvate a erorii ( $\rightarrow$  regulator). Aceste elemente tipice ale structurii s.a. asigură îndeplinirea dezideratelor fundamentale pentru care acesta a fost conceput: a)  $\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = 0$ , în prezența perturba-

țiilor  $v$ ; b) stabilitatea internă a buclei. Condiția a) explicitează semnificația conducerii după eroare în sensul respectării cât mai fidele de către mărimea reglată  $z$  a programului impus prin mărimea de referință  $y_r$ . Fidelitatea urmăririi de către mărimea  $z$  a programului impus este caracterizată prin performanțele uzuale impuse s.a. (suprareglaj, timp tranzitoriu etc.). Considerînd că asupra părții fixate acționează o singură perturbație, deci  $v \in \mathbb{R}$  (ceea



ce se justifică fie prin aceea că se consideră numai perturbația principală, sau, în cazul când acest lucru nu este posibil, prin faptul că analiza efectului celorlalte perturbații asupra s.a. se face cu totul similar), în cazul sistemelor liniare continue structura s.a. este reprezentată în fig. S.16, *a*, iar în cazul discret în fig. S.16, *b*. Pentru evidențierea locului de aplicare a perturbației partea fixată a fost descompusă în două sisteme având funcțiile de transfer



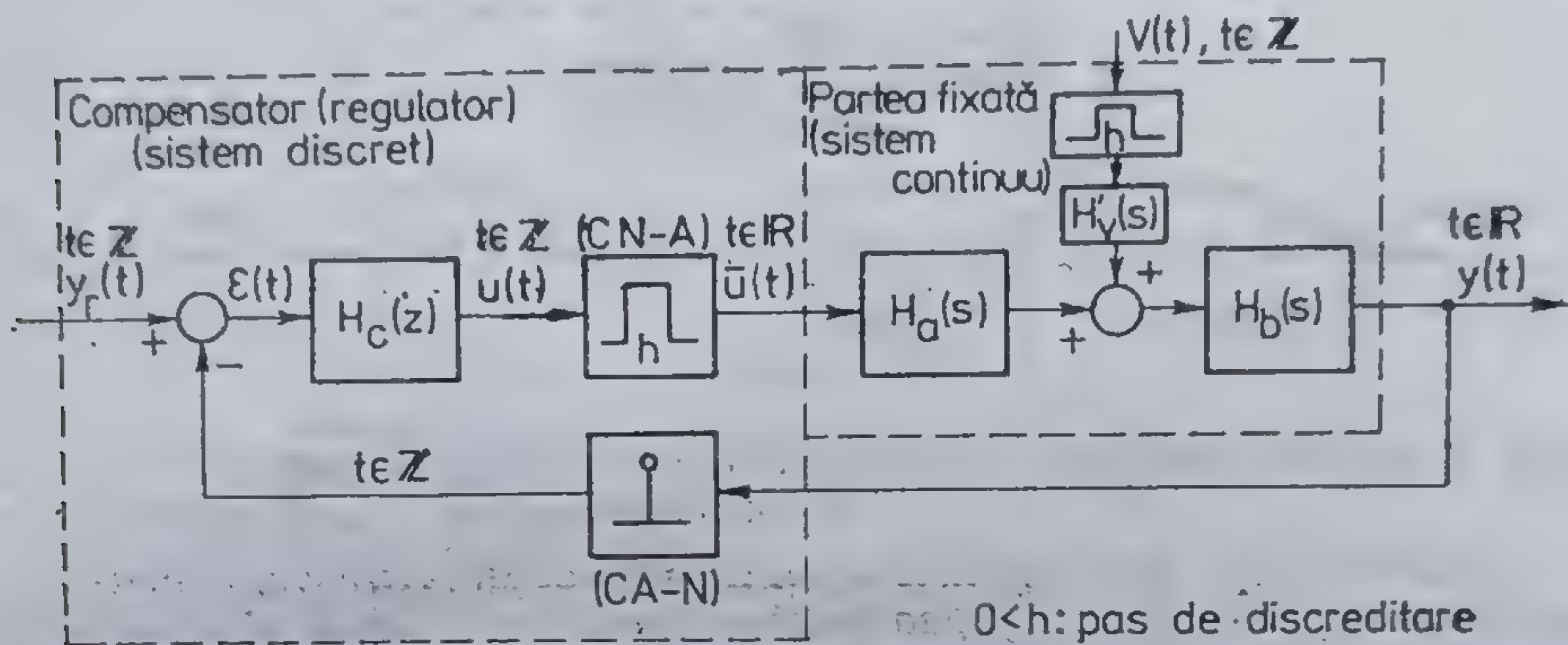
$\lambda = s, t \in \mathbb{R}$  cazul continuu  
 $\lambda = z, t \in \mathbb{Z}$  cazul discret

Fig. S.16. Structuri de sisteme automate.

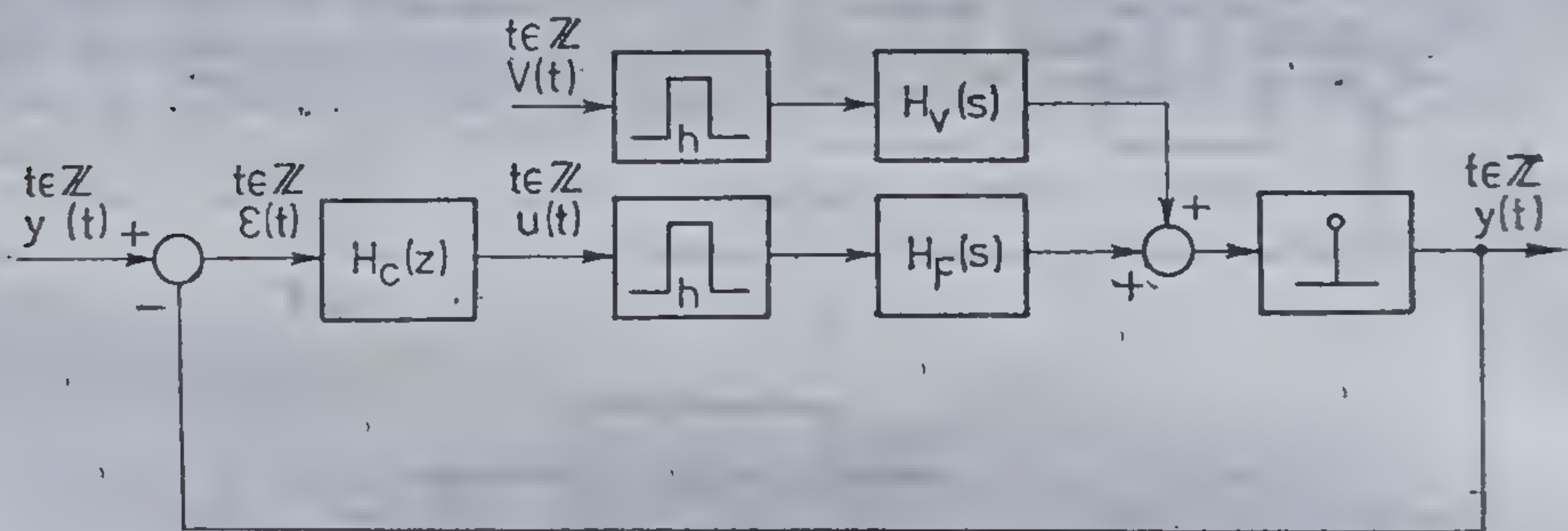
$H_a(\lambda)$ ,  $H_b(\lambda)$  ( $\lambda = s$  în cazul continuu,  $\lambda = z$  în cazul discret) și unde evident  $H_F(\lambda) = H_a(\lambda)H_b(\lambda) = H_{FE}(\lambda)H_{IA}(\lambda)H_T(\lambda)$ . Se remarcă perfectă identitate a celor două cazuri și de aceea în fig. S.16, *c*, s-a reprezentat o singură structură la care în plus, perturbația a fost „redușă la leșire”, caz în care  $H_v(\lambda) \triangleq H_v(\lambda)H_b(\lambda)$ . Cum însă, esențialitatea instalațiilor automatizate se reprezintă prin sisteme continue, caracterul „discret” al s.a. este conferit de compensator (exemplul tipic fiind acela în care compensatorul este implementat



pe un calculator numeric). În acest caz, cuplarea celor două sisteme (compensator și parte fixată) necesită elemente suplimentare, și anume un convertor numeric analogic (CNA) pe calea directă și un convertor analog numeric (CAN) pe reacția s.a. (fig. S.17, a). Numai pentru ușurința tratării, în acest caz, s-a considerat că perturbația  $v$  este o funcție discretă și acționează asupra părții fixate prin intermediul unui element de „refacere în scară” de tipul CNA, ceea ce reprezintă o aproximare justificată prin aceea că, în cazul real



a



b

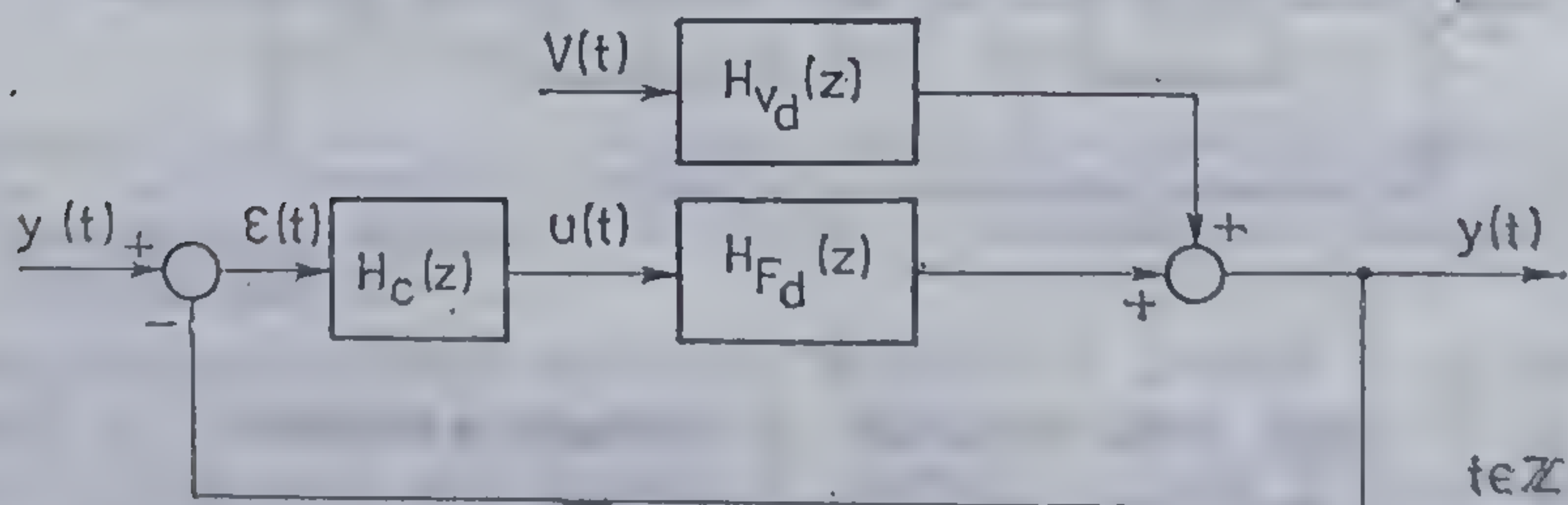


Fig. S.17. Reprezentări continuu/discret ale unui sistem automat.

al perturbației  $v$  definită pe  $\mathbb{R}$  (funcție continuă) nu se poate evidenția o funcție de transfer în  $z$  de la  $v$  până la măsura  $y$ . După redesenarea s.a. ca în fig. S.17, b, partea continuă se poate reprezenta prin  $\rightarrow$  discretizare, ca sistem discret obținându-se o structură identică cu cea din fig. S.16, c pe



care se raționează în continuare, indicele „d” (indicând discretizarea unui sistem continuu) considerându-se ca subînțeles în cazul particular reprezentat în fig. S.17, c. Se obține

$$y(\lambda) = \frac{H_c(\lambda)H_F(\lambda)}{1 + H_c(\lambda)H_F(\lambda)} y_r(\lambda) + \frac{H_v(\lambda)}{1 + H_c(\lambda)H_F(\lambda)} v(\lambda) \quad (1)$$

respectiv

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{1}{1 + H_c(\lambda)H_F(\lambda)} y_r(\lambda) - \frac{H_v(\lambda)}{1 + H_c(\lambda)H_F(\lambda)} v(\lambda) \quad (2)$$

în care se notează:  $H(\lambda) \triangleq H_c(\lambda)H_F(\lambda)$  funcția de transfer a căii directe (sau în circuit deschis),  $H_0(\lambda) \triangleq \frac{H(\lambda)}{1 + H(\lambda)}$  funcția de transfer în circuit,

închis (mai precis funcția de transfer de la referință pînă la ieșirea s.a.)  $H_{0c}(\lambda) \triangleq \frac{H_v(\lambda)}{1 + H(\lambda)}$  funcția de transfer de la perturbare pînă la ieșirea

s.a. și  $H_e(\lambda) \triangleq \frac{1}{1 + H(\lambda)}$  funcția de transfer a comparatorului (a erorii)

sau mai exact, funcția de transfer de la referință pînă la eroarea s.a. Evident că  $\lambda = s$  sau  $\lambda = z$  după cum sistemul este continuu sau discret.

Considerind că  $H_F(\lambda) = \frac{R_F(\lambda)}{P_F(\lambda)}$ ,  $H_c(\lambda) = \frac{R_c(\lambda)}{P_c(\lambda)}$

se deduce că

$$H_0(\lambda) = \frac{R_c(\lambda)R_F(\lambda)}{P_c(\lambda)R_F(\lambda) + R_c(\lambda)R_F(\lambda)} \triangleq \frac{R_0(\lambda)}{\chi(\lambda)} \quad (3)$$

adică stabilitatea externă a s.a. este o problemă de localizare a elementelor mulțimii  $\mathfrak{Z}\{H_0(\lambda)\} = \mathfrak{Z}\{\chi(\lambda)\}$ , reprezentînd polii s.a., în planul variabilei (complexe)  $\lambda$ . Pentru ca s.a. să fie și intern stabil condiția de localizare a  $\mathfrak{Z}\{H_0(\lambda)\}$  trebuie completată cu aceea de ireductibilitate a raționalilor  $H_F(\lambda)$ ,  $H_c(\lambda)$  și  $H(\lambda)$ , sau mai exact ireductibilitatea singularităților (poli — zerouri) instabile ale acestor raționale ( $\rightarrow$  stabilitate).

Referitor la condiția de reglare a s.a., fie

$$\mathfrak{V} \triangleq \left\{ v | v(\lambda) = \frac{a_v(\lambda)}{\mu_v(\lambda)}, \forall a_v(\lambda) \in \mathbb{R}[\lambda], \partial[a_v] < \partial[\mu_v] \right\} \quad (4)$$

$$\mathfrak{V}_r \triangleq \left\{ y_r | y_r(\lambda) = \frac{a_r(\lambda)}{\mu_r(\lambda)}, \forall a_r(\lambda) \in \mathbb{R}[\lambda], \partial[a_r] < \partial[\mu_r] \right\} \quad (5)$$

două familii de funcții ce reprezintă semnalele externe (exogene) s.a., cazul interesant fiind acela în care aceste semnale sînt persistente (adică zerourile lui  $\mu_r(\lambda)$  și  $\mu_v(\lambda)$  sînt instabile, deoarece în cazul semnalelor externe nepersistente condiția de stabilitate internă a s.a. va asigura și îndeplinirea condiției de



reglare. Se constată că, prin fixarea polinoamelor  $\mu_v(\lambda)$ ,  $\mu_r(\lambda)$  se precizează clasa de funcții ce reprezintă semnalele externe s.ă., iar prin alegerea polinoamelor  $a_r(\lambda)$ ,  $a_v(\lambda)$  se particularizează un element al claselor respective. De asemenea, în general, se raționează cu clasa de funcții  $\varepsilon = \mathcal{V} \cup \mathcal{W}$  ceea ce revine la a considera că semnalele externe, notate cu  $e(t)$ , sînt de tipul

$$e(\lambda) = \frac{a(\lambda)}{\mu(\lambda)}, \quad \forall a(\lambda)$$

$$\partial[a(\lambda)] < \partial[\mu(\lambda)] \text{ și } \mu(\lambda) = \text{c.m.m.m.c.} \{ \mu_v(\lambda), \mu_r(\lambda) \}$$

Referitor la cele arătate anterior, dacă, de exemplu  $\lambda = s$ ,

$$\mu(s) = s^3, \quad a(s) = a_2 s^2 + a_1 s + a_0$$

se deduce că

$$e(s) = \frac{a_2}{s} + \frac{a_1}{s^2} + \frac{a_0}{s^3} \quad (6)$$

adică

$$e(t) = \left( a_2 + a_1 t + \frac{a_0}{2} t^2 \right) 1(t) \quad (7)$$

și deci se generează familia de semnale externe de tip polinom de grad mai mic sau egal cu 2, un element al acestei clase obținindu-se prin fixarea polinomului  $a(s)$ , adică a coeficienților  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ . Astfel dacă  $a_2 = 1$ ,  $a_0 = a_1 = 0$  se obține treapta unitate  $1(t)$  etc. Va rezulta, pe baza relațiilor (2), (4), (5), că

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{P_c(\lambda) P_F(\lambda)}{P_c(\lambda) P_F(\lambda) + R_c(\lambda) R_F(\lambda)} \cdot \frac{a_r(\lambda)}{\mu_r(\lambda)} - \frac{R_v(\lambda) P_c(\lambda) P_F(\lambda)}{P_v(\lambda) [P_c(\lambda) P_F(\lambda) + R_c(\lambda) R_F(\lambda)]} \cdot \frac{a_r(\lambda)}{\mu_v(\lambda)} \quad (8)$$

și unde

$$H_v(\lambda) \triangleq \frac{R_v(\lambda)}{P_v(\lambda)} = H'_v(\lambda) H_b(\lambda) = \frac{R'_v(\lambda) \cdot R_b(\lambda)}{P'_v(\lambda) \cdot P_b(\lambda)} \quad (9)$$

cu  $H_b(\lambda)$  oricare (aplicarea perturbației poate să fie oriunde în cadrul părții fixate), dar satisfăcînd egalitatea:

$$H_F(\lambda) = H_v(\lambda) H_b(\lambda) \quad (10)$$

Din (8) rezultă că îndeplinirea condiției de reglare,  $\lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t) = 0$  la orice semnale

$u_r(t)$ ,  $v(t)$  din familiile  $\mathcal{V}_r$  și  $\mathcal{V}$ , în condițiile în care  $H_b(\lambda)$  este oricare, impune ca  $P_c(\lambda)$  să se dividă cu  $\mu_v(\lambda)$  și  $\mu_r(\lambda)$  adică compensatorul să conțină un model intern al semnalelor externe (principiul modelului intern), poliul modelului intern să nu fie simplificați de zerourile lui  $H_F(\lambda)$  (necoincidența zerourilor



de transmisie cu polii modelului intern) și evident s.a. să fie intern stabil ( $\rightarrow$  problema reglării). În considerațiile făcute anterior, s-a presupus că  $H'_v(\lambda)$  este strict stabilă, în caz contrar, în mod uzual clasa  $\mathcal{V}$ , se completează cu elemente ce corespund poliilor instabili din  $H'_v(\lambda)$ . Cum existența unui s.a. este indisolubil legată de condiția de reglare, denumirea corectă a acestuia este sistem de reglare automată. După cum se constată, satisfacerea condiției de reglare se poate realiza numai în cadrul structurii de s.a. adică prin prezența unei reacții informaționale după măsura  $y$ , a unui comparator care să furnizeze eroarea  $e$  și printr-o prelucrare corespunzătoare a acesteia în cadrul compensatorului. Se menționează, de asemenea, că determinarea completă a compensatorului (în speță a funcției de transfer  $H_c(\lambda)$ ) se face pe baza considerentului ca s.a. să satisfacă, pe lângă condiția de reglare, o serie de  $\rightarrow$  indici de calitate a răspunsului, stabiliți în general din considerente tehnologice.

**sistem complet de funcții booleene**, sistem de funcții booleene care au, separat sau împreună, proprietățile: de a păstra unitatea  $f(1, \dots, 1) = 1$ ; de a păstra nulul  $f(0, 0, \dots, 0) = 0$ ; de dualitate  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bar{f}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$ ; de monotonie  $f(x_1, \dots, x_n) \leq f(x'_1, \dots, x'_n)$  dacă pentru orice  $i = 1, \dots, n$ ,  $x_i \leq x'_i$ ; de liniaritate  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = a_0 \oplus a_1 x_1 \oplus \dots \oplus a_n x_n$   $a_i \in \{0, 1\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Cu un sistem funcțional complet se poate realiza efectiv orice structură logică.

**sistem cu parametri distribuiți**, sistem dinamic caracterizat prin aceea că mărimile aferente depind atât de timp, cât și de o coordonată geometrică.

**cu p. d.** sînt descrise de ecuații cu derivate parțiale. Complementara acestei clase de sisteme o formează sistemele denumite „cu parametri concentrați”.

**sistem de conducere**, entitate compusă dintr-un echipament și un sistem de programe destinate conducerii proceselor. În prima sa fază s. de c. a îmbrăcat forma calculatorului de proces ( $\rightarrow$  calculator de proces). Ca urmare a dezavantajelor acestuia (lipsă de fiabilitate datorită unității centrale unice, capacitate de calcul insuficientă datorită cerințelor de prelucrare în timp real, dificultăți privind funcționarea în condiții dificile de mediu) calculatoarele de proces au fost înlocuite de s. de c. avînd structura din fig. S.18. La

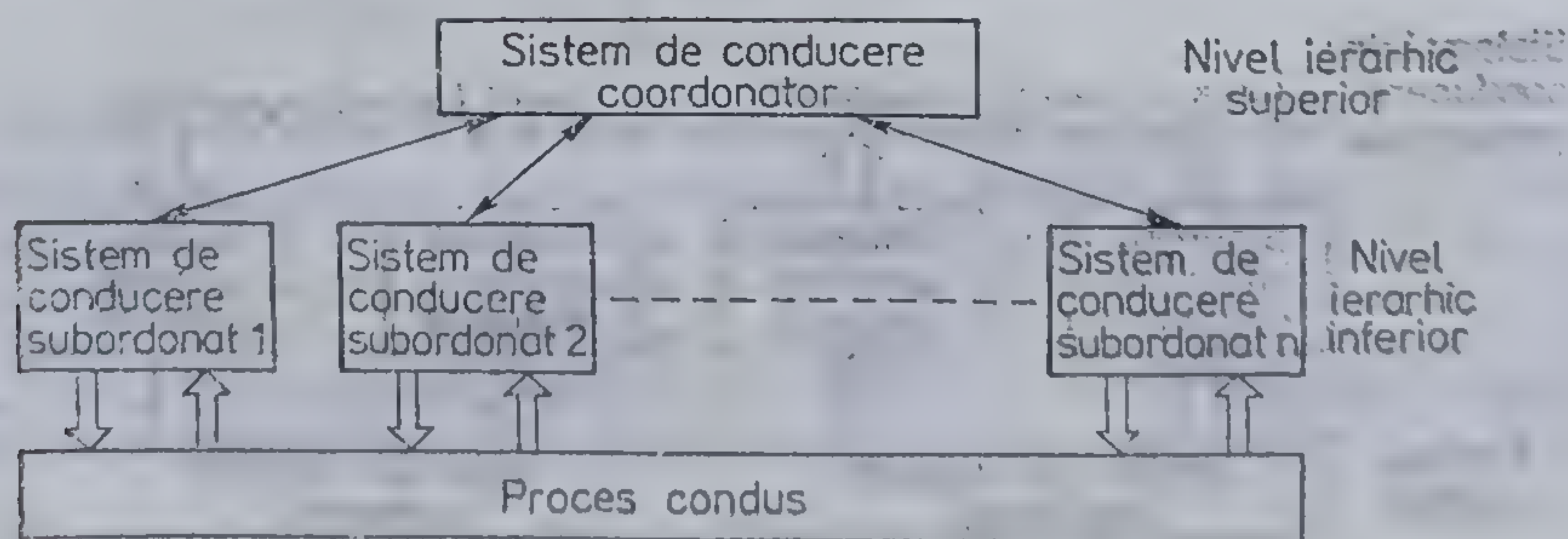


Fig. S.18. Sistem de conducere a proceselor.

la nivelul ierarhic inferior se găsesc s. de c. subordonate, care asigură, în principal, colectarea datelor ( $\rightarrow$  colectare de date), prelucrarea primară a acestora ( $\rightarrow$  prelucrare primară) și conducerea unui subproces din cadrul procesului condus. S. de c. subordonate sînt dotate cu o consolă simplă a operatorului de proces ( $\rightarrow$  consola operatorului de proces) și, în majoritatea covârșitoare



a cazurilor, sînt realizate în jurul unui sau mai multor microprocesoare  $\rightarrow$  microprocesor). S. de e. subordonate nu sînt microcalculatoare prevăzute cu sisteme de interfață de proces ( $\rightarrow$  sistem de interfață), ci sînt proiectate și realizate pe baza cerințelor specifice conducerii proceselor și nu a unor aplicații de tip calculator universal. Întrucît în conducerea subproceselor pot apărea conflicte între s. de e. subordonate, la nivelul ierarhic superior se află s. de e. coordonator, care are rolul de a asigura funcționarea în armonie a s. de e. în ansamblu. S. de e. coordonator implementează strategia globală de conducere a procesului prin transmiterea spre s. de e. subordonate de mărimi de coordonare, primind de la acestea reacții informaționale. În afară de această funcție, s. de e. coordonator oferă operatorului de proces posibilitatea monitorizării de ansamblu sau de detaliu a întregului proces condus. Forma de realizare a s. de e. coordonator depinde de destinația s. de e. Pentru procese de largă distribuție geografică (cum sînt cele din industriile chimică, energetică, etc.) s. de e. se realizează într-o formă distribuită geografic. În acest caz s. de e. coordonator are adesea forma unui minicalculator prevăzut cu o consolă adecvată, iar legăturile între niveluri sînt de tip serial. De obicei, un astfel de s. de e. se numește s. de e. distribuit ( $\rightarrow$  sistem distribuit), noțiune ce presupune distanțe geografice cel puțin de ordinul metrilor între elementele componente ale s. de e. Pentru procese de complexitate, dar care se întind pe arii limitate (cum este cazul conducerii numerice a mașinilor unelte sau al roboților industriali), s. de e. subordonate sînt realizate sub formă de plachete cu cablaj imprimat ce se află în același sertar cu s. de e. coordonator, constituind adesea un s. de e. multiprocesor.

**sistem de fază minimă (neminimă)  $\rightarrow$  problema Bode**

**sistem de interfață**, ansamblu format din echipamente și programe destinat cuplării între două sisteme cu caracteristici diferite (de ex., între un calculator și perifericele acestuia). S. de i. de proces este destinat interfațării între procesul condus și sistemul de conducere propriu-zis. S. de i. de proces se compune din sistemul intrărilor analogice, sistemul intrărilor numerice, sistemul ieșirilor analogice, sistemul ieșirilor numerice (fig. S.19). ( $\rightarrow$  sistemul intrărilor analogice,  $\rightarrow$  sistemul intrărilor numerice,  $\rightarrow$  sistemul ieșirilor analogice,  $\rightarrow$  sistemul ieșirilor numerice).

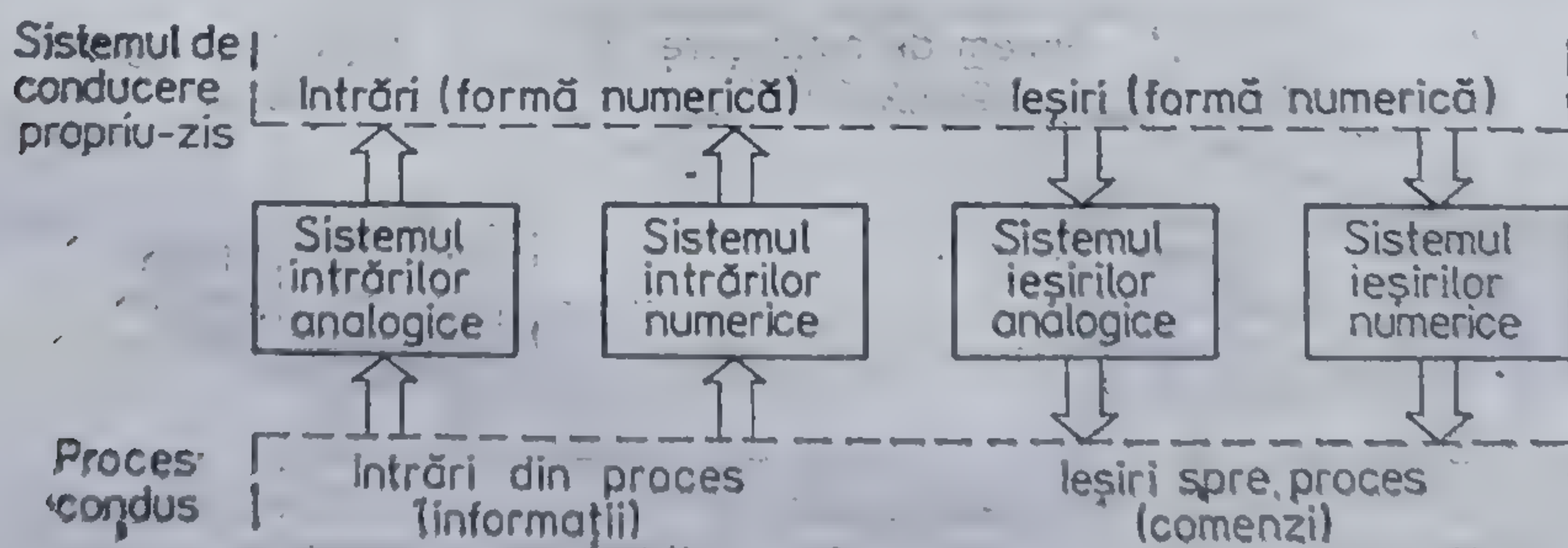


Fig. S.19. Sistem de interfață de proces.

**sistem de operare**, sistem de programe destinat utilizării eficiente a resurselor unui sistem de conducere. Principalele caracteristici ale s. de o. aferente sistemelor de conducere sînt date de: necesitatea de funcționare în timp real ( $\rightarrow$  timp real); necesitatea de a alocă resursele sistemului unuiu din mai mulți solicitanți simultani, alocare făcută, de regulă, pe baza unor priori-



tăți fixe sau variabile; necesitatea de a asigura păstrarea integrității bazei de date a sistemului de conducere; necesitatea de a oferi facilități de auto-testare a sistemului de conducere. Considerentele anterioare dictează implementarea s. de o. cu luarea în considerare a unor semnale de întreruperi (de nivel fix sau variabil) ( $\rightarrow$  întrerupere) furnizate de evenimente din procesul condus sau de către ceasul de timp real al sistemului de conducere. Pentru soluționarea problemelor de concurență pentru resurse comune între mai mulți solicitanți se utilizează mecanisme de tip semafor. Uneori s. de o. sînt numite și monitoare ( $\rightarrow$  monitor).

**sistem de programe de aplicații**, componentă a sistemului de programe al unui sistem de conducere care particularizează sistemul de conducere universal (compus din echipament de conducere și sistem de programe de bază) la caracteristicile unui anumit proces condus. În general, acest sistem constă din module care îndeplinesc funcțiile specifice de conducere: colectarea și protolectarea datelor; evaluarea comenzilor în conformitate cu algoritmi de conducere; comunicarea cu operatorul de proces etc.

**sistem de programe de bază**, componentă a sistemului de programe al unui sistem de conducere destinat transformării echipamentului de conducere într-un sistem de conducere universal, utilizabil, în principiu, într-o largă gamă de aplicații. În general, aceste sisteme se asimilează în bună măsură cu sistemul de operare ( $\rightarrow$  sistem de operare) și includ: facilități de funcționare în timp real; facilități de colectare a datelor și prelucrarea primară a acestora ( $\rightarrow$  prelucrare primară); biblioteci de programe pentru conversii, calcule aritmetice, evaluări de funcții; facilități de interfațare cu periferice generale sau consola operatorului de proces.

**sistem dinamic**, octuplul

$$S = (T, U, \Omega, X, Y, \Gamma, \varphi, \eta)$$

în care:

1.  $T$  este mulțimea de valori pe care le ia variabila independentă timp și care este o submulțime a numerelor reale, ordonată natural ( $\leq$ ); 2.  $U$  este mulțimea valorilor pe care le ia variabila de intrare  $u$ ; 3.  $\Omega$  este clasa funcțiilor de intrare acceptate de sistem

$$\Omega = \{\omega: T \rightarrow U\}$$

Ea este nevidă ( $\Omega \neq \emptyset$ ) și este închisă față de operația de compunere prin concatenaritate (alipire); 4.  $X$  este mulțimea valorilor pe care le ia variabila convențională de stare  $x(t)$  și se numește spațiul stărilor; 5.  $Y$  este mulțimea valorilor pe care le ia variabila de ieșire  $y$ , descrisă de clasa de funcții 6.  $\Gamma = \{\gamma: T \rightarrow Y\}$ ; 7.  $\varphi$  definește procesul de modificare a stării inițiale  $x(t_0) = x_0$  sub acțiunea funcției de intrare  $\omega$  și se numește funcția de tranziție a stării

$$\varphi: T \times T \times X \times \Omega \rightarrow X$$

**Egalitatea**

$$x(t) = \varphi(t; t_0, x_0, \omega)$$

arată că starea la momentul  $t$  depinde de  $x_0$  și de întreaga istorie a procesului explicată prin introducerea variabilei funcționale  $\omega$  (mai exact  $\omega|_{[t_0, t]}$ ).  $\varphi$  are următoarele proprietăți:

- a) orientabilitate: este definită pentru orice  $t \geq t_0$
- b) consistență:  $\varphi(t; t, x, \omega) = x$ ;  $\forall t \in T, x \in X$



c) compozabilitate: pentru  $t_1 < t_2 < t_3$ ,  $\omega \in \Omega$ ,  $x \in X$  se obține

$$\varphi(t_3; t_1, x, \omega) = \varphi(t_3; t_2, \varphi(t_2; t_1, x, \omega), \omega)$$

d) cauzalitate: dacă  $\omega, \bar{\omega} \in \Omega$  și  $\omega|_{[t_0, t]} = \bar{\omega}|_{[t_0, t]}$  atunci

$$\varphi(t; t_0, x_0, \omega) = \varphi(t; t_0, x_0, \bar{\omega}); \quad \forall t \geq t_0$$

8.  $\eta$  exprimă evoluția mărimii de ieșire ca rezultat al evoluției mărimi de stare, printr-o conexiune instantanee:

$$\eta: T \times X \rightarrow Y$$

$$y(t) = \eta(t, x(t))$$

și se numește funcția de tranziție a ieșirii. Faptul că în  $\eta$  nu apare funcția de intrare  $\omega$  arată că tranziția cauzală intrare/ieșire ( $\omega \rightarrow y$ ) este factorizată nebanal prin spațiul de stare

$$\omega \xrightarrow{\varphi} x \xrightarrow{\eta} y(t)$$

și deci tranziția directă  $\omega \rightarrow y$  este dată de compunerea

$$F = \eta \circ \varphi$$

unde

$$F: T \times T \times X \times \Omega \rightarrow Y$$

este dată de egalitatea

$$y(t) = F(t; t_0, x_0, \omega) = \eta(t, \varphi(t; t_0, x_0, \omega))$$

Ultima egalitate arată că tranziția intrare/ieșire depinde nu numai de cauza externă  $\omega$  ci și de faza inițială  $(x_0, t_0)$ , care este o mărime internă specifică sistemului. Dar  $\mathcal{F}$  definește și o clasă de aplicații de tipul

$$(t, \omega) \rightarrow f_{(t_0, x_0)}(t, \omega)$$

unde

$$f_{(t_0, x_0)}(t, \omega) = F(t; t_0, x_0, \omega)$$

Clasa de funcții (ce evidențiază numai efectul cauzal)

$$\mathcal{F} = \{f_{(t_0, x_0)} / (t_0, x_0) \in T \times X\}$$

se numește clasa intrare/ieșire cu care se poate introduce o nouă definiție a conceptului de s.d., în sensul intrare/ieșire (conceptul de „cutie neagră” (black box)): un sistem este definit de sextetul de entități

$$S_{I/E} = (T, U, \Omega, Y, \Gamma, \mathcal{F})$$

în care  $T, U, \Omega, Y, \Gamma$  au aceleași semnificații ca anterior, iar  $\mathcal{F}$  este clasa de funcții intrare/ieșire constituită în exclusivitate pe baze experimentale prin acceptarea apriorică a cauzalității. Conceptul de sistem este rezultatul unui proces de abstractizare a sumei de cunoștințe referitoare la procesele (industriale) supuse conducerii pentru că în definitiv un s.d. nu reprezintă altceva decât un model matematic abstract al unui proces fizic realizabil.



Prin particularizarea entităților cu care s-a definit conceptul de s.d., se obțin clase particulare, și anume:

1. dacă  $T = \mathbb{R}$ , s.d. se zice (cu timp) continuu;
2. dacă  $T = \mathbb{Z}$ , s.d. se zice (cu timp) discret;
3. dacă  $X$  este un spațiu liniar de dimensiune finită, este cazul unui s.d. finit dimensional;

— dacă  $X$  este o mulțime finită, se obține un s.d. cu număr finit de stări

4. s.d. netede sînt acele sisteme la care:

- a)  $T = \mathbb{R}$  (este continuu)
- b)  $X, \Omega$  sînt spații topologice
- c) aplicația

$$(t_0, x_0, \omega) \rightarrow \varphi(\cdot, t_0, x_0, \omega)$$

este continuă de la  $T \times X \times \Omega$  în  $C^1$ , adică  $\varphi(\cdot, t_0, x_0, \omega)$  este o funcție continuă cu derivată continuă și continuă în raport cu  $t_0, x_0, \omega$  în topologia produsului  $T \times X \times \Omega$

S.d. netede se identifică cu acele sisteme care primesc descrierea (de stare):

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(t, x(t), u(t))$$

$$y(t) = g(t, x(t))$$

5. s.d. liniare reprezintă clasa particulară de s.d. la care:

- a)  $\Omega, U, X, \Gamma$  sînt spații liniare
- b)  $\varphi(t; t_0, \cdot, \cdot): X \times \Omega \rightarrow X$  este liniară pentru  $\forall t, t_0 \in T$
- c)  $\gamma(t, \cdot): X \rightarrow X$  este liniară pentru  $\forall t \in T$

În cazurile în care cel puțin una din aceste condiții (a, b sau c) nu se îndeplinește, s.d. se numește neliniar.

Proprietatea remarcabilă de liniaritate face ca această clasă să fie cea mai exploatată clasă de s.d. Ele se caracterizează prin reprezentarea (de stare)

$$\frac{dx(t)}{dt} = A(t)x(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = C(t)x(t); \quad t \in \mathbb{R}$$

în cazul continuu (variant) și

$$x(t+1) = A(t)x(t) + B(t)u(t)$$

$$y(t) = C(t)x(t); \quad t \in \mathbb{Z}$$

în cazul discret (variant).

6. s.d. invariante în timp, corespund următoarelor particularități:

- a)  $T$  este grup abelian;
- b)  $\Omega$  este închisă față de operatorul de transfer în timp  $z^\tau$  definit prin

$$z^\tau: \omega \rightarrow \omega' \text{ cu } \omega'(t) = \omega(t + \tau);$$

- c)  $\varphi(t; t_0, x_0, \omega) = \varphi(t + s; t_0 + s, x_0, z^s \omega), \quad \forall s \in T$
- d)  $\gamma(t, \cdot): X \rightarrow Y$  nu depinde de  $t$ .



Altfel spus, în cazul s.d. invariante în timp, răspunsul corespunzând aceleiași condiții inițiale  $x_0$  nu depinde de poziționarea pe axa  $l$  a segmentului de intrare  $\omega_{[t_0, t]}$  și de aceea în cazul acestor sisteme se alege întotdeauna  $t_0 = 0$ . Practic invarianța în timp revine la aceea că ecuațiile de stare nu conțin explicit variabila independentă timp ( $t$ ). S.d. care nu satisfac condițiile de invarianță menționate se numesc *variante în timp*.

**sistem distribuit**, sistem de conducere ale cărui componente sînt separate de distanțe geografice de ordinul metrilor (ajungînd pînă la mii de metri) comunicația între acestea făcîndu-se, de regulă, pe legături seriale ( $\rightarrow$  **sistem de conducere**).

**sistem hiperstabil**, sistem dinamic liniar cu o intrare și o ieșire

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = c^T x(t) + du(t)$$

cărui i se atașîndu-i indicele

$$J(0, t_f) = \int_0^{t_f} 2u(t)y(t) dt, \quad t_f \geq 0$$

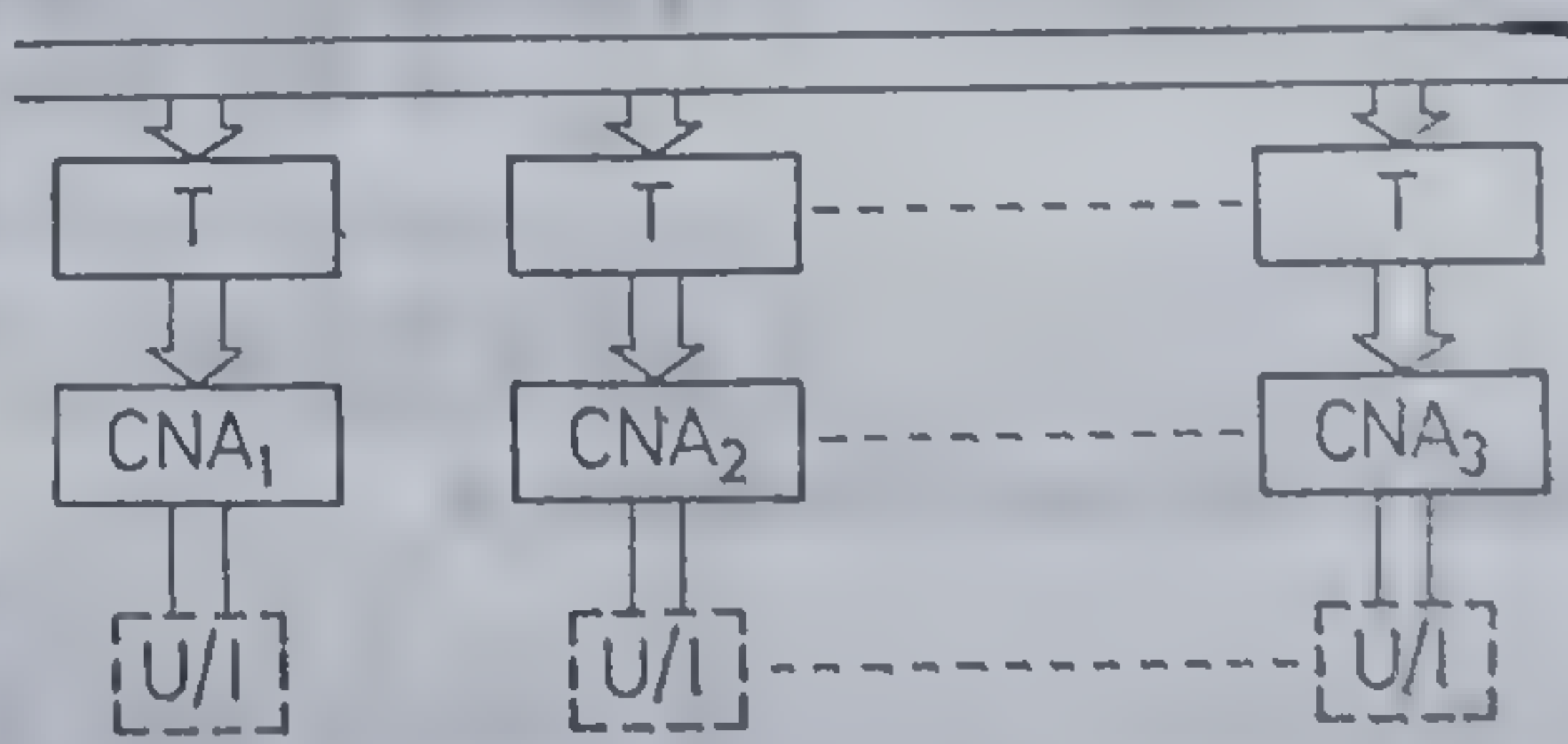
există  $\beta_1, \beta_2 > 0$  astfel încît

$$\beta_1 \|x(t_f)\|^2 \leq J(0, t_f) + \beta_2 \|x(0)\|^2$$

pentru orice pereche  $x(\cdot), u(\cdot)$  ce verifică ecuațiile sistemului și pentru oricare  $t_f \geq 0$ . Noțiunea de s.h. (respectiv  $\rightarrow$  hiperstabilitate) apare în legătură cu problema de  $\rightarrow$  **stabilitate absolută** a sistemelor neliniare.

**sistem interfață ieșiri analogice**, componentă a sistemului de interfață destinată transmiterii spre proces a comenzilor în formă analogică, elaborate în urma rulării programelor ce implementează algoritmi de conducere. S.i.i.a. conține, în versiunile moderne, cîte un convertor numeric-analogic (CNA) ( $\rightarrow$  **convertor numeric-analogic**) pentru fiecare canal de ieșire (fig. S.20)

Fig. S.20. Structura sistemului ieșirilor analogice.



Tampoanele  $T$  păstrează valoarea numerică a comenzii. În unele cazuri ieșirea CNA (semnal tip tensiune) este convertită în semnal unificat de curent prin convertor  $U/I$ .

**sistem interfață ieșiri numerice**, componentă a sistemului de interfață destinată transmiterii spre proces a comenzilor numerice. Comenzile sînt de formă binară (de regulă cu un singur rang), tren de impulsuri, frecvență de impulsuri, durată de impuls. Adesea s.i.i.n. conține și amplificatoare de putere și circuite de separare galvanică.

**sistem interfață intrări analogice**, componentă a sistemului de interfață destinată interfațării sistemului de conducere cu semnalele analogice din proces.



Acestea se pot prezenta sub formă de semnale de curent (2–10 mA, 4–20 mA etc.) sau de tensiune (de nivel mic: 10–20 mV; de nivel mediu: 0–10 V,  $\pm 10$ ; de nivel mare 0–100 V, tensiune continuă sau alternativă). Principalele elemente componente ale s.i.i.a. sînt (fig. S.21): echipamentul de joncțiune (*EJ*), destinat conectării la s.i.i.a. a conductoarelor transportînd informațiile analogice din proces; elementele de tratare primară a informației (*ETP*), destinate unor prelucrări ce nu necesită amplificări ale semnalelor analogice (conversii curent-tensiune, filtrare etc.); multiplexorul ( $\rightarrow$  multiplexor) (*MUX*), necesar selectării unuia din cele  $n$  canale de informații analogice; amplificatorul (*A*) ( $\rightarrow$  amplificator), care adaptează nivelul semnalului de intrare selectat și impedența canalului respectiv la caracteristicile elementelor ce urmează; elementul de eșantionare și reținere (*EER*) avînd funcția de a păstra constantă valoarea eșantionului de tensiune pe durata conversiei analog-numerice; convertorul analog-numeric (*CAN*), care convertește în formă numerică valoarea analogică a informației pe canalul selectat; tamponul (*T*) necesar conectării ieșirii *CAN* la magistrala sistemului de conducere, blocul de comandă (*BC*), care asigură desfășurarea ordonată a operațiilor în cadrul s.i.i.a.

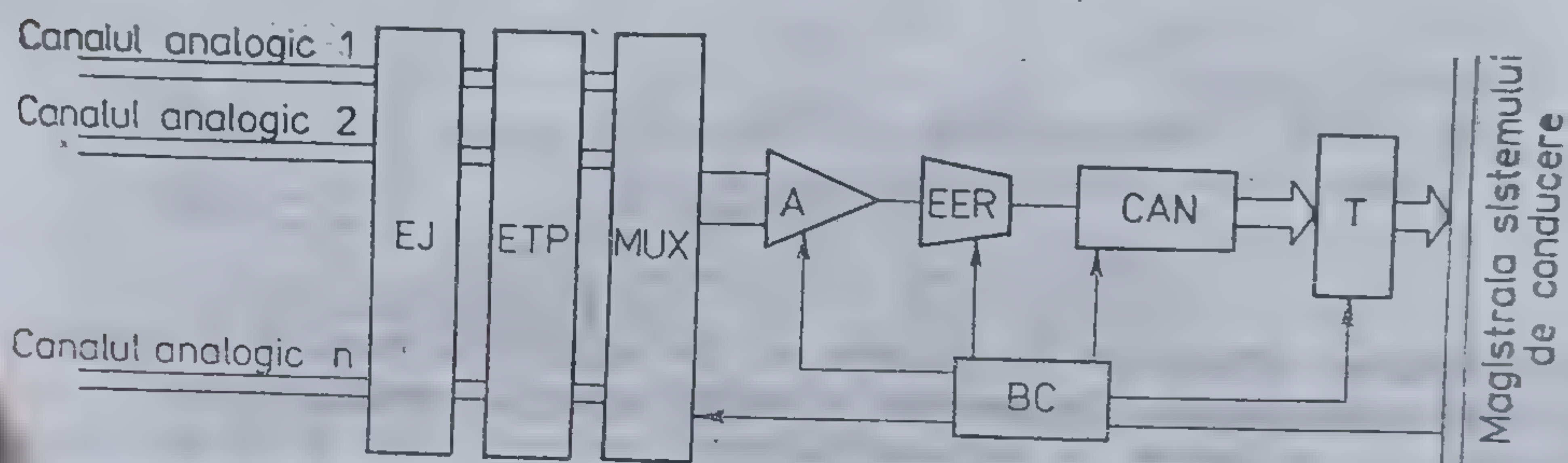


Fig. S.21. Structura sistemului intrărilor analogice.

sistem interfață intrări numerice, componentă a sistemului de interfață destinată colectării din proces a informațiilor în formă numerică (semnale binare cu unul sau mai multe ranguri, tren de impulsuri) sau cvasinumerică (durată de impuls, frecvența impulsurilor). În componența s.i.i.n. (fig. S.22) intră echipamentul de joncțiune (*EJ*) pentru racordarea la s.i.i.n. a conductoarelor ce transportă informația din proces; elementele de tratare primară a informației (*ETP*), care realizează separarea galvanică filtrarea și protecția la

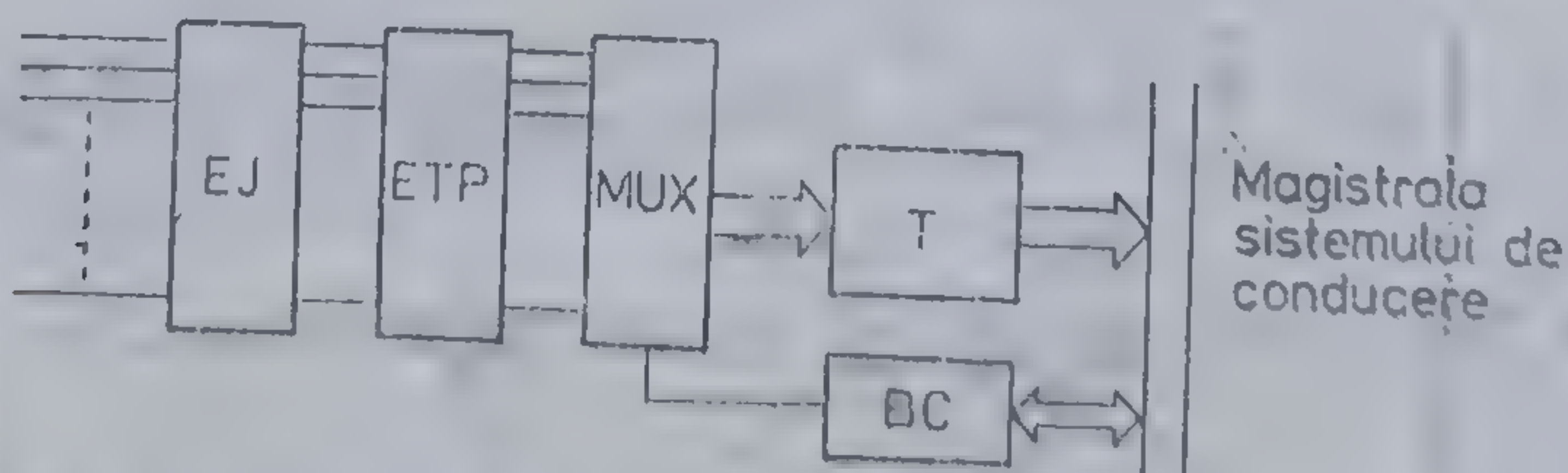


Fig. S.22. Structura sistemului intrărilor numerice.

supratensiuni; multiplexorul (*MUX*) prin intermediul căruia se selectează un semnal (sau un grup de semnale); tamponul (*T*) de conectare la magistrala

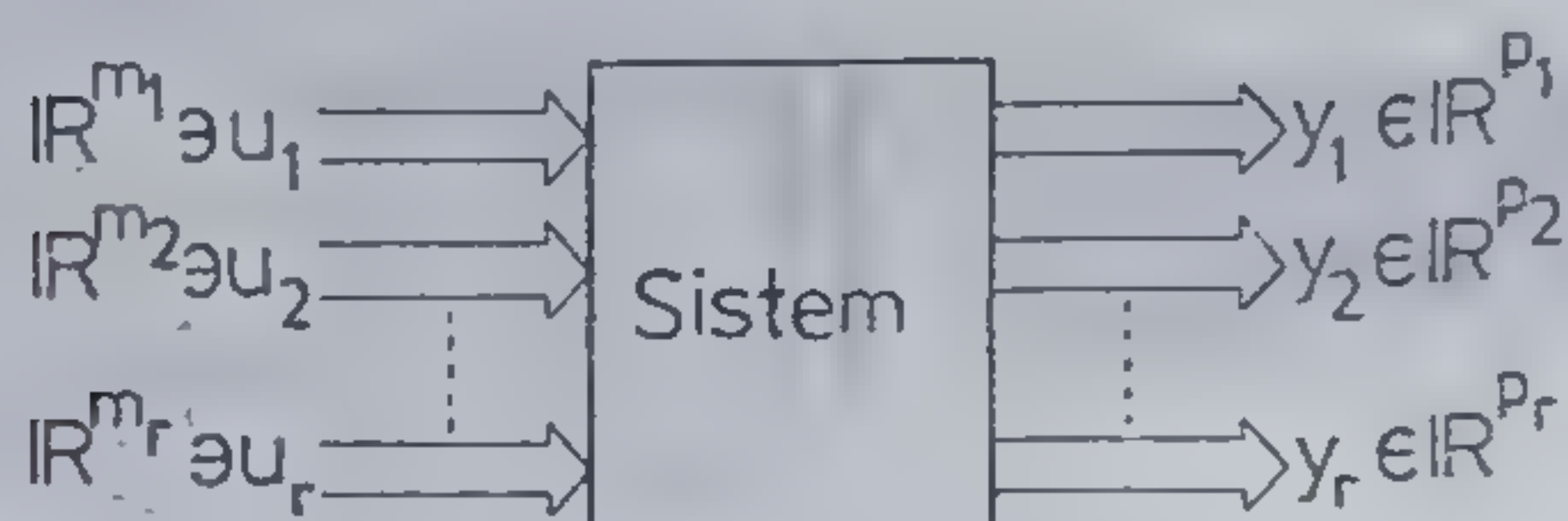


sistemului de conducere; blocul de comandă (BC), care asigură secvențierea corectă a operațiilor în cadrul s.l.i.n.

sistem mare, sistem de tipul celui prezentat în fig. S.23, avînd reprezentarea (de stare):

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + [B_1 \ B_2 \ \dots \ B_r] \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ \vdots \\ u_r(t) \end{bmatrix} \\ y_1(t) &= C_1 x(t) \\ y_2(t) &= C_2 x(t) \\ &\dots \dots \dots \\ y_r(t) &= C_r x(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Fig. S.23. Reprezentarea unui sistem mare.



partiționarea mărimilor de intrare și de ieșire fiind dictată de repartiția spațială a sistemului. Tot această repartiție mare în spațiu face ca în problemele de conducere ale s.m. constituirea comenzii  $u_j(t)$  să se facă numai pe baza mărimii  $y_j(t)$ , adică pentru canalul  $j = \overline{1, r}$  compensatorul dinamic are reprezentarea

$$\begin{aligned} \dot{x}_{c_j}(t) &= A_{c_j} x_{c_j}(t) + B_{c_j} y_j(t) \\ u_j(t) &= F_{c_j} x_{c_j}(t) + G_{c_j} y_j(t) \end{aligned} \quad (2)$$

Sistemul (1), cu compensatoarele de tip (2), devine:

unde  $\dot{x}_R(t) = A_R x_R(t)$  (3)

$$A_R = \begin{bmatrix} A + \sum_{j=1}^r B_j G_j C_j & B_1 F_{c_1} & B_2 F_{c_2} & \dots & B_r F_{c_r} \\ B_{c_1} C_1 & A_{c_1} & 0 & \dots & 0 \\ B_{c_2} C_2 & 0 & A_{c_2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{c_r} C_r & 0 & 0 & \dots & A_{c_r} \end{bmatrix} \quad (4)$$

și această structurare aduce particularități specifice s.m. Aceste sisteme se mai numesc și sisteme descentralizate.



sistem multiprocesor de conducere numerică a mașinilor unelte, configurație de tip CNC caracterizată prin distribuirea funcțiilor de conducere între mai multe microprocesoare diferite sau de același tip, conectate la o magistrală paralelă, și care prelucreză date numerice în vederea: cuplării cu cititorul de bandă și consola operatorului, generării traiectoriilor prin interpolare numerică și corecția închiderii buclelor de poziție și generării referințelor de viteză, sau a asigurării interfeței programabile cu mașina unealtă (fig. S.24). Comunicația între procesoarele sistemului se face de obicei prin acces de tip

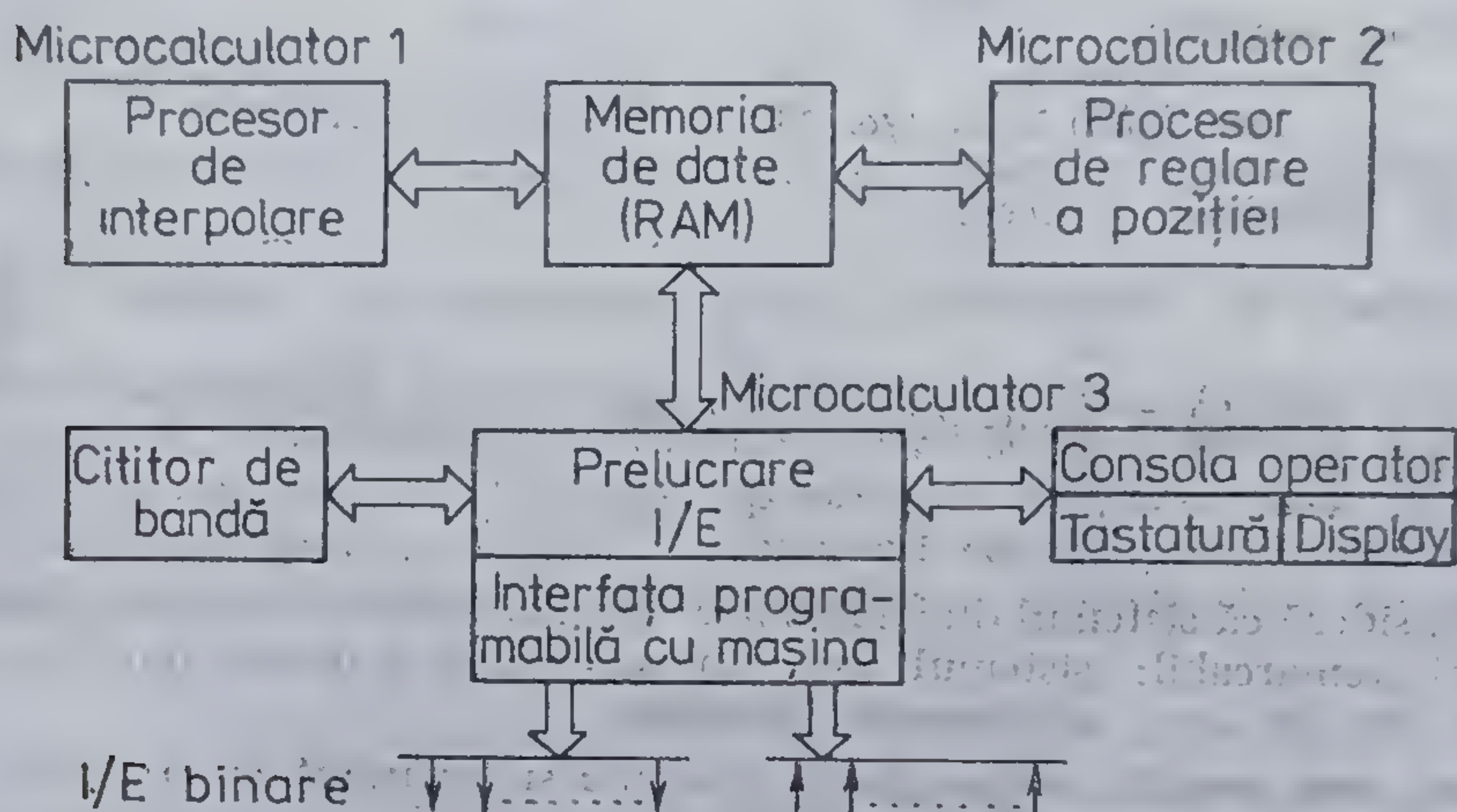


Fig. S.24. Sistem multiprocesor de conducere numerică a mașinilor unelte.

citire/scriere în memorii RAM cu dublu acces (intern, de la propriul microprocesor, și extern, de la magistrală) asociate fiecărui procesor din configurație.

sistem optimal, sistem ce asigură minimizarea unui criteriu de optim de tipul

$$J = l(t_f, x(t_f)) + \int_{t_0}^{t_f} L(t, x(t), u(t)) dt, t \in \mathbb{R}$$

în cazul continuu, respectiv

$$J = l(t_f, x(t_f)) + \sum_{t=t_0}^{t_f-1} L(t, x(t), u(t)), t \in \mathbb{Z}$$

în cazul discret, prin determinarea comenzii  $u(t)$ :  $[t_0, t_f)$  numită comandă optimă ( $\rightarrow$  optimizare). Determinarea aproximativă a comenzii  $u(t)$  ce asigură sistemului o traiectorie apropiată de cea optimă face ca acest sistem să se numească *sistem suboptimal*.



sistem pozitiv, caz particular al  $\rightarrow$  sistemului dinamic liniar cu o intrare și o ieșire.

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= Ax(t) + bu(t) \\ y(t) &= c^T x(t) + du(t), \quad t \in \mathbb{R}\end{aligned}$$

avind funcția de transfer

$$H(s) = d + c^T(sI - A)^{-1}b$$

ce satisface condiția

$$\operatorname{Re} H(j\omega) \geq 0, \quad \forall \omega \in \mathbb{R} \text{ și } \det(j\omega I - A) \neq 0$$

Dacă se introduce indicele

$$J(0, t_f) = \int_0^{t_f} 2u(t)y(t) dt = \int_0^{t_f} (2du^2 + x^T cu + uc^T x) dt$$

și se consideră că sistemul dinamic liniar este controlabil, se obține următorul rezultat remarcabil: sistemul este un s.p. dacă și numai dacă perechea  $((A, b), J(0, t_f))$  este o  $\rightarrow$  pereche pozitivă.  $\square$

sistem real pozitiv, sistem liniar, dinamic și invariant cu o intrare și o ieșire, descris de funcția de transfer

$$H(s) = d + c^T(sI - A)^{-1}b$$

care este o funcție real pozitivă. O funcție rațională  $H(s)$  se numește real pozitivă dacă

$$\operatorname{Re} H(s) \geq 0$$

în orice punct al semiplanului  $\operatorname{Re} s > 0$  unde este definită.

sistem unificat, sistem de dispozitive, elemente și echipamente de automatizare, comenzi secvențiale, interblocări, semnalizări etc. caracterizat prin posibilitatea conectării directe a diverselor blocuri componente. Compatibilitatea elementelor unui s.u. este asigurată de funcționarea lor cu același tip de semnal (semnal unificat) și prin adaptarea de impedanță corespunzătoare. Exemple semnificative de s.u. sînt: sistemul de reglare pentru procese rapide  $\rightarrow$  UNIDIN și sistemul de comutație statică  $\rightarrow$  UNILOG. S.u. introduc multiple avantaje, atât în ceea ce privește exploatarea și întreținerea instalațiilor cît și producția de echipamente: a) datorită semnalului unificat este asigurată o mare elasticitate, cu un număr relativ redus de blocuri ce pot realiza prin interconectări adecvate diverse configurații de sisteme; b) este posibil un grad ridicat de interschimbabilitate, chiar între elemente de fabricații diferite, dacă funcționează cu același semnal unificat, ceea ce ușurează întreținerea și permite reducerea necesarului de rezervă; c) se pot unifica soluțiile de construcție, rezultînd premise mai bune de tipizare și uniformizare a panourilor, dulapurilor, sertarelor etc.; d) nefiind destinate unui anumit tip de aplicație s.u. au utilizări mult mai largi decît cele specializate, ceea ce conduce la crearea condițiilor pentru producția de serie mare.



spectrul unui semnal, totalitatea funcțiilor armonice care compun acest semnal. Orice semnal periodic poate fi descompus într-o serie Fourier sub formă complexă

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} C_n e^{jn\omega_0 t} \quad (1)$$

unde coeficienții  $C_n$  sînt mărimi complexe

$$C_n = \left| C_n \right| e^{j\varphi(n\omega_0)} \quad (2)$$

care definesc modulul și faza armonicelor în raport cu fundamentală  $\left( \omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} \right)$ . Mulțimea componentelor  $C(n\omega_0)$ , reprezentată cu amplitudinile corespunzătoare dispuse la intervale egal distanțate ( $n\omega_0$ ) pe axa pulsațiilor (frecvențelor)  $\omega$ , constituie spectrul de amplitudine al semnalului  $x(t)$ . Similar, mulțimea componentelor  $\varphi(n\omega_0)$ , reprezentată în același mod, reprezintă spectrul de fază al aceluiași semnal. Presupunînd că  $x(t)$  este o funcție absolut integrabilă, coeficienții seriei Fourier complexe se calculează cu relația

$$C_n = \frac{1}{T_0} \int_{-\frac{T_0}{2}}^{+\frac{T_0}{2}} x(t) e^{-jn\omega_0 t} dt \quad (3)$$

Pentru exemplificare, în tabelul S.2 sînt prezentate reprezentările grafice ale cîtorva semnale uzuale și spectrele de amplitudine. Din relația (2) se poate observa că spectrele de amplitudine ale semnalelor periodice sînt discrete. În cazul impulsurilor sau a semnalelor neperiodice (considerate ca funcții periodice de perioadă  $T \rightarrow \infty$ ) în locul valorilor discrete  $C(n\omega_0)$  rezultă un spectru continuu  $X(j\omega)$  definit prin intermediul transformatei Fourier. În acest sens spectrul de amplitudine al unui semnal neperiodic este  $|X(j\omega)|$ ,

iar cel de fază  $\arg X(j\omega) = \arctg \frac{\text{Im}[X(j\omega)]}{\text{Re}[X(j\omega)]}$ . În practică se folosește  $X_T(j\omega)$

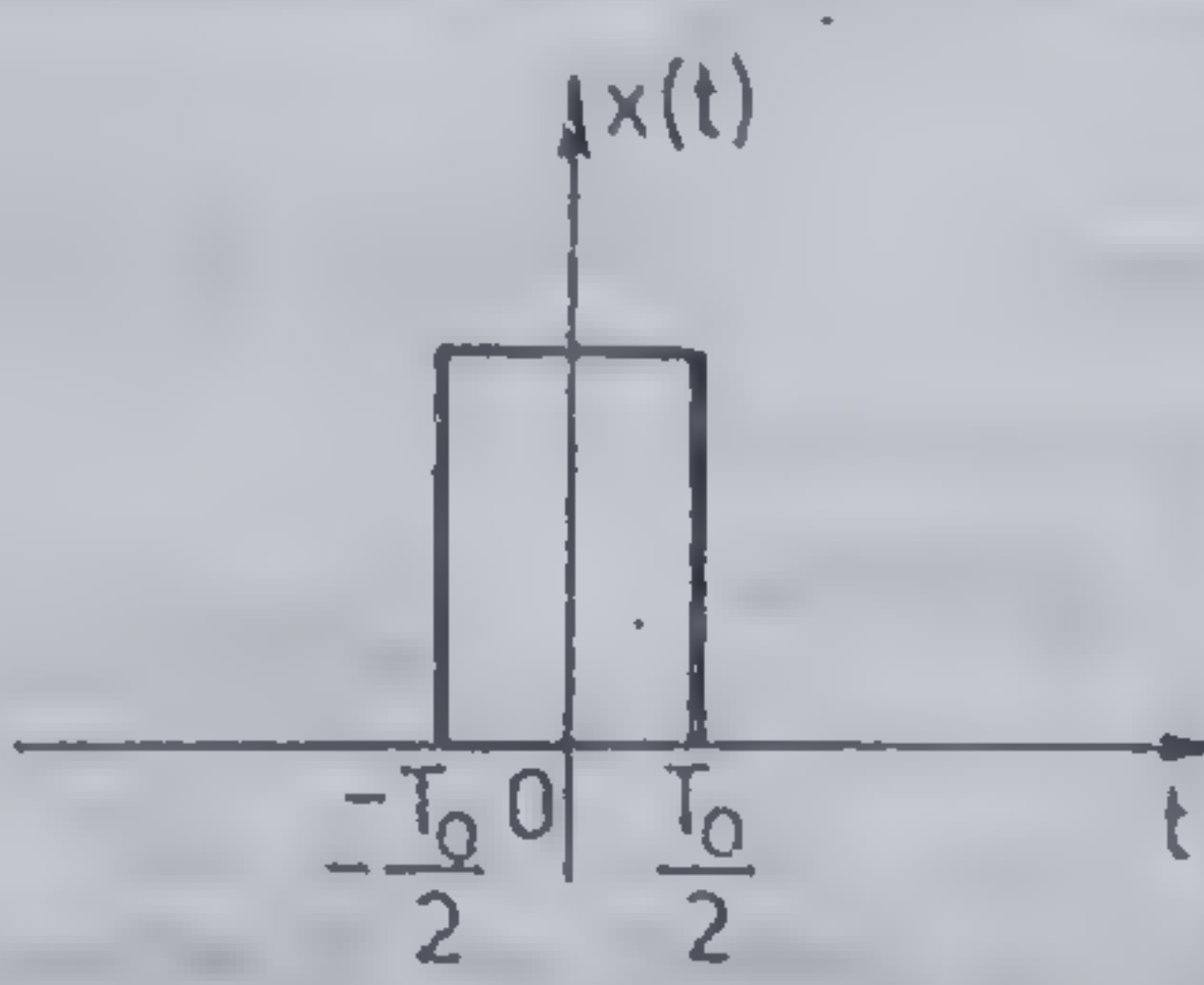
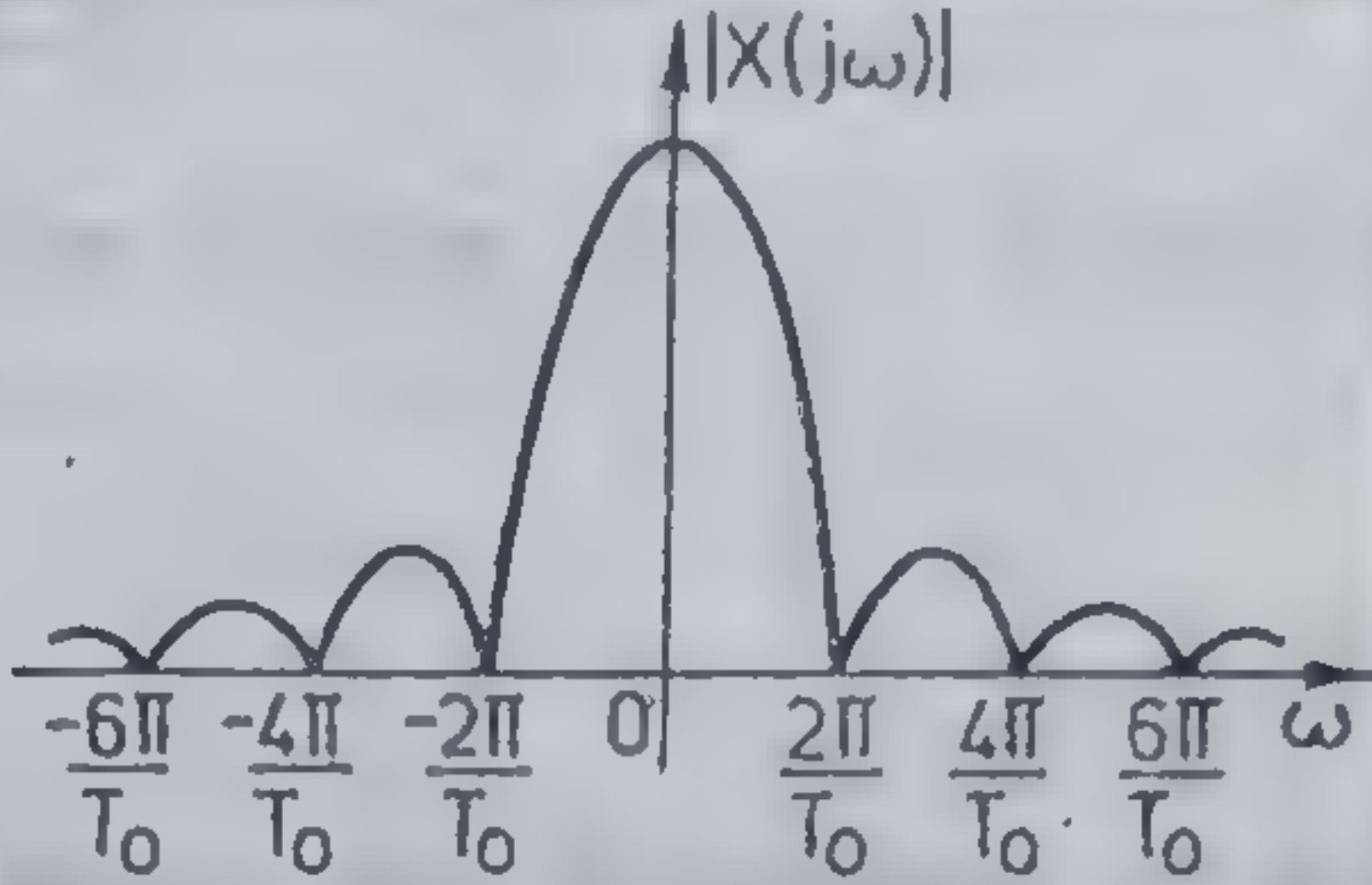
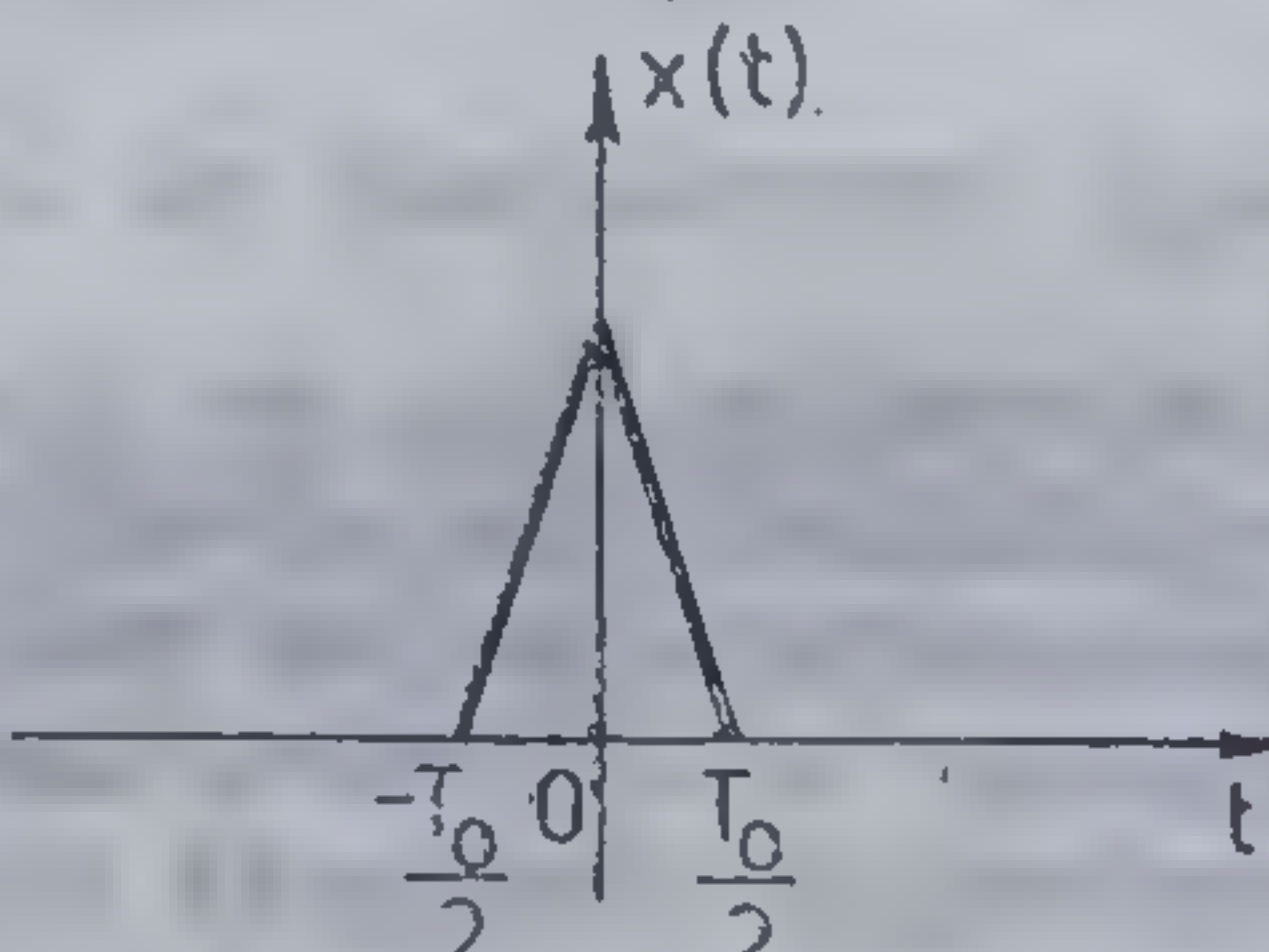
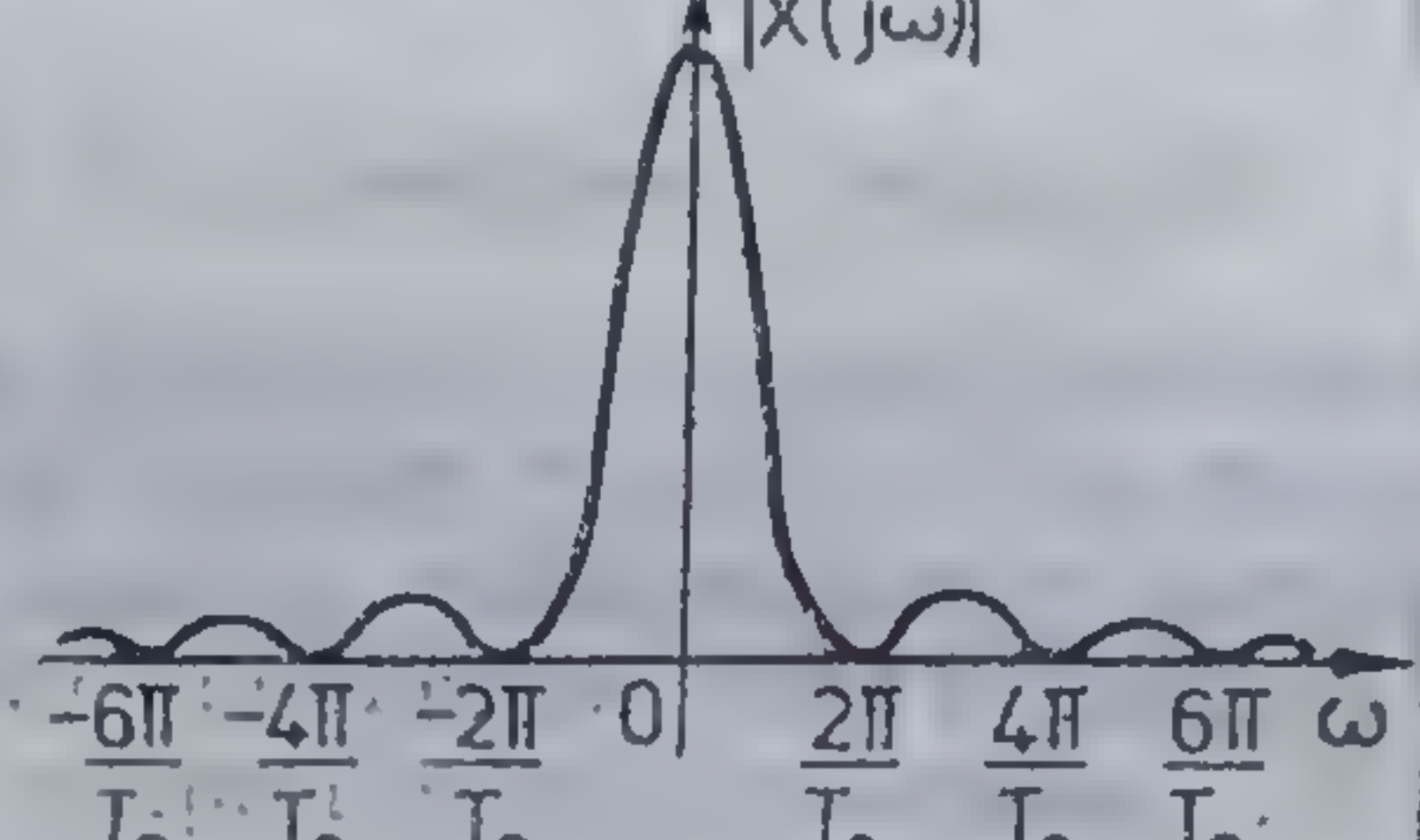
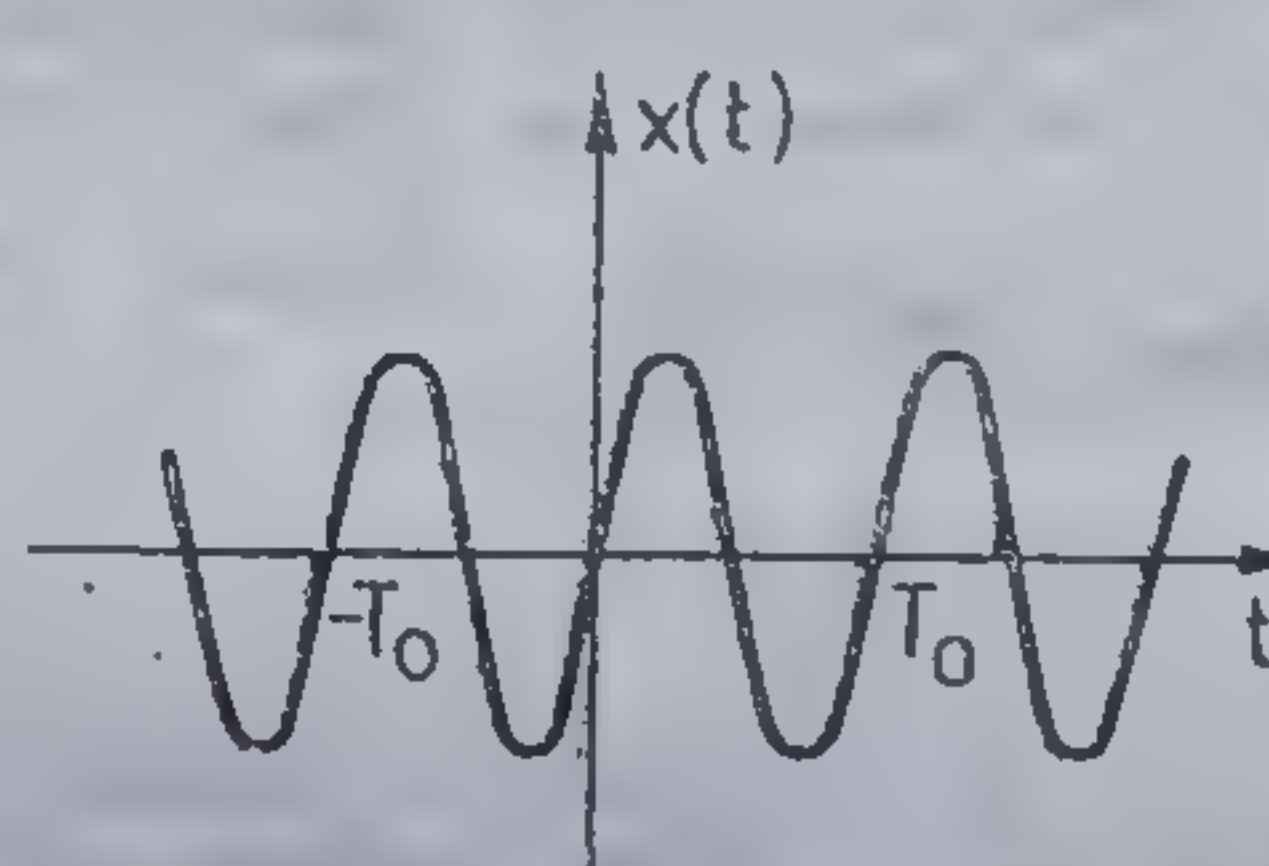
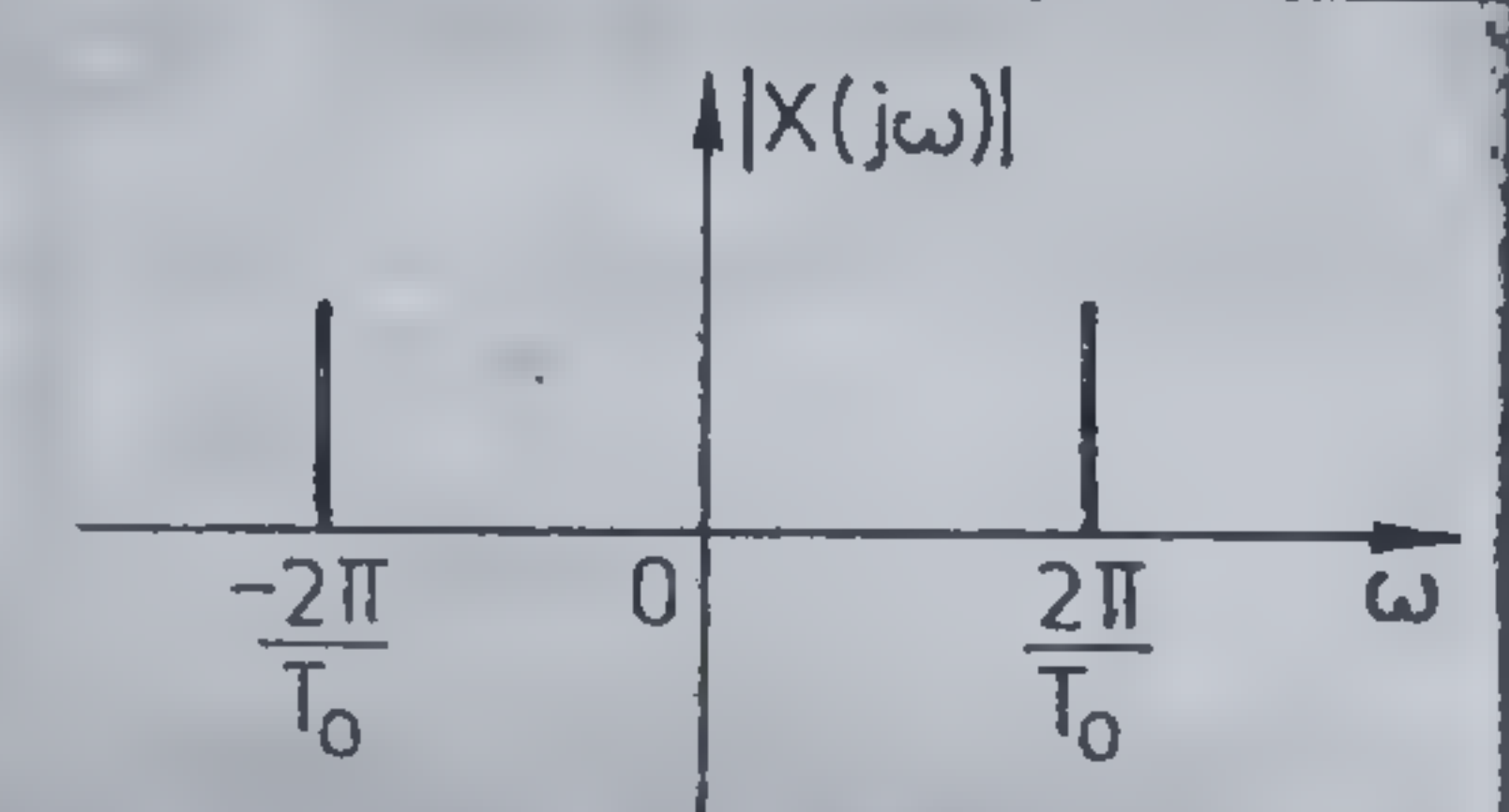
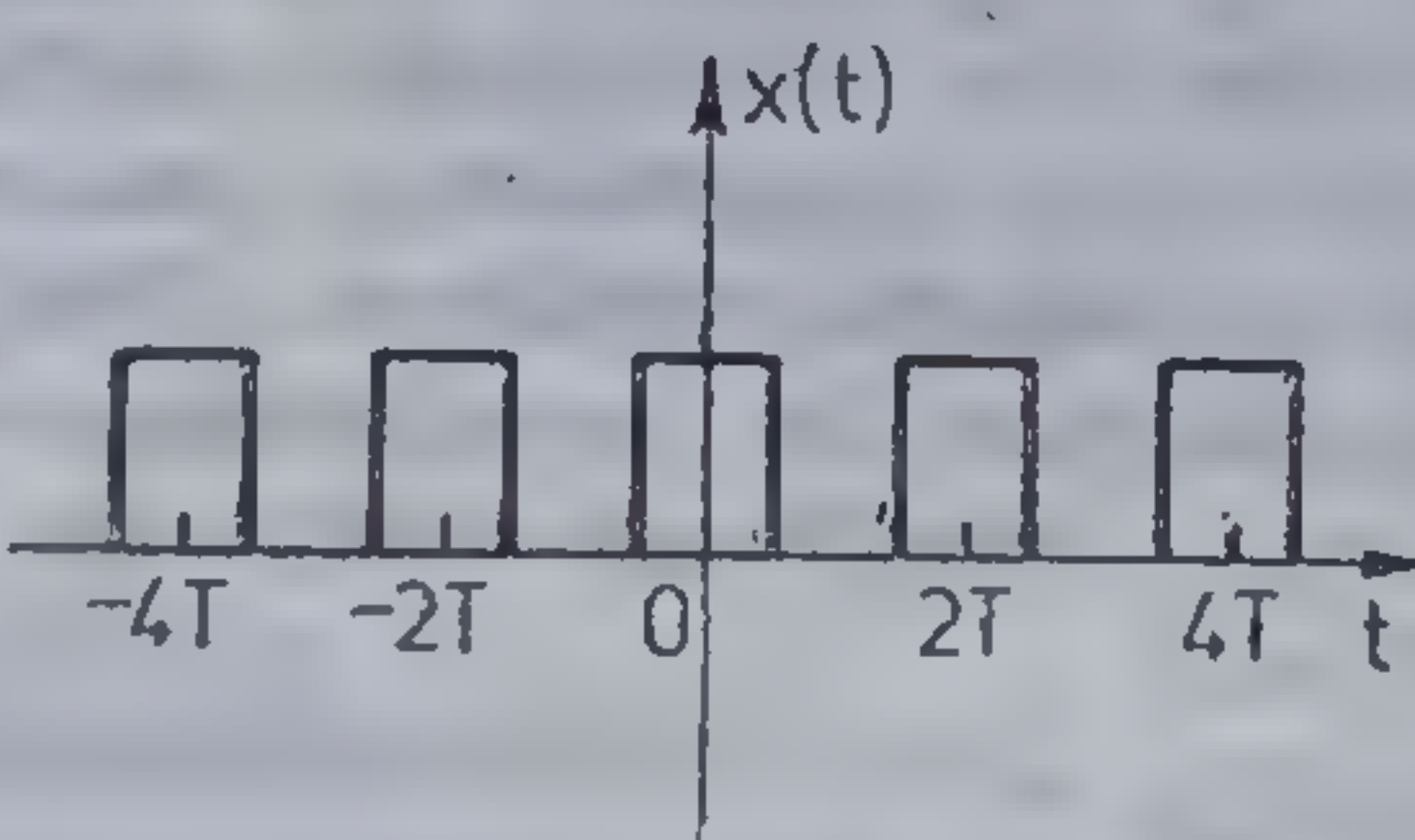
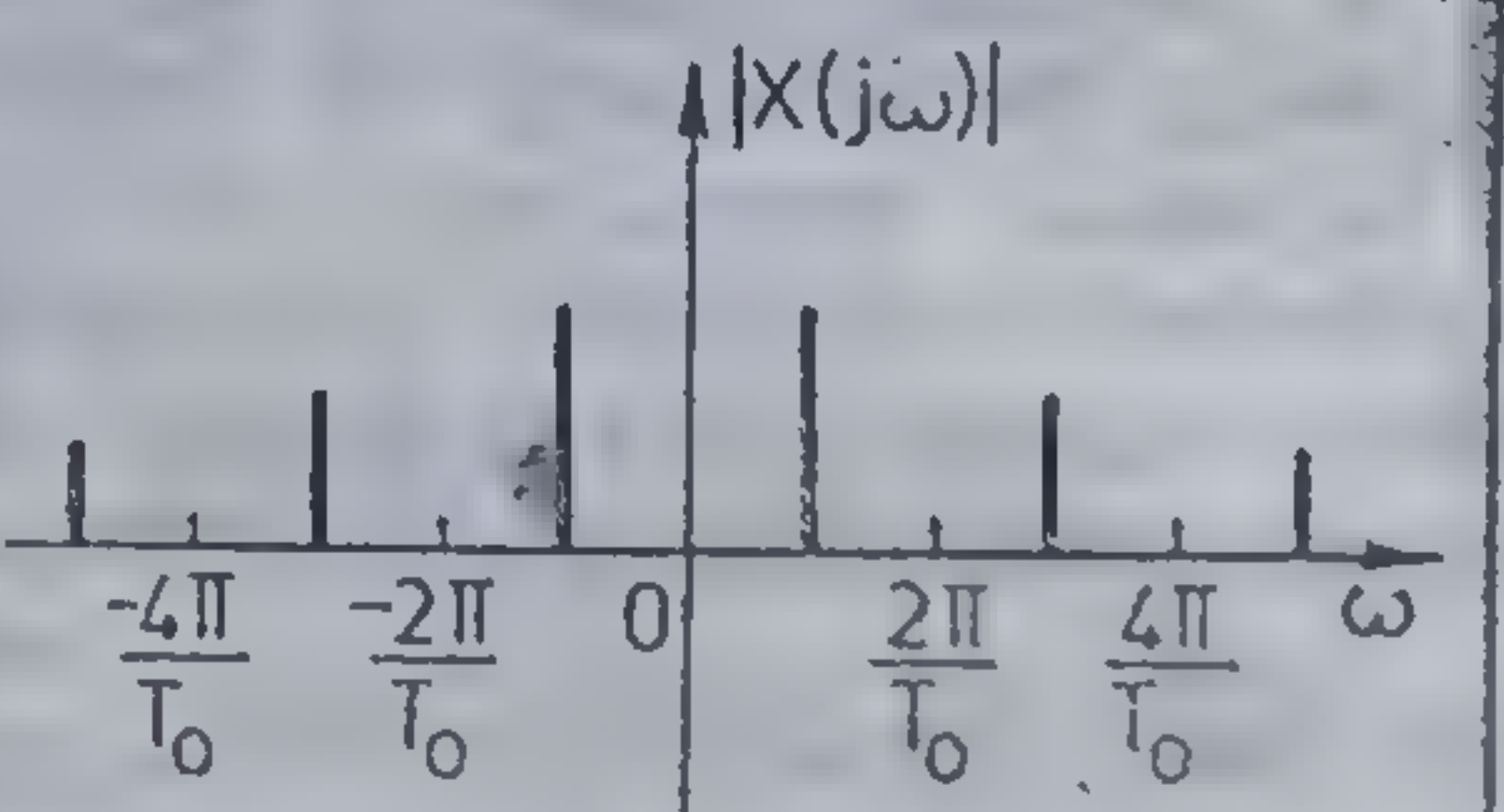
dedus din considerarea semnalului de durată finită  $x_T(t)$ , obținut printr-o operație de filtrare temporală care presupune limitarea semnalului la valorile cuprinse pe un anumit interval  $[-T, +T]$ . În analiza spectrală se utilizează adesea funcțiile de densitate spectrală de putere. Prin definiție se numește funcție de densitate spectrală proprie de putere expresia

$$S_{xx}(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \left| X_T(j\omega) \right|^2 \quad (4)$$

unde  $X_T(j\omega)$  este transformata Fourier a semnalului  $x_T(t)$  dedus din „filtrarea” semnalului  $x(t)$  la valorile luate pe intervalul  $[-T, +T]$ . Din relația (4) se observă legătura directă dintre spectrul de amplitudine și funcția



Tabelul S.2

Reprezentarea grafică a semnalului în domeniul timpului	Spectrul de frecvență
	
	
	
	

de densitate spectrală proprie de putere. Justificarea denumirii de densitate spectrală de putere este dată de relația

$$\frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} [X_T(t)]^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{xx}(\omega) d\omega \quad (5)$$

care arată că prin integrarea valorilor  $S_{xx}(\omega)$  pe diverse pulsații  $\omega$  rezultă puterea totală asociată semnalului. Funcția de densitate spectrală proprie



de putere se exprimă și prin transformata Fourier a funcției de autocorelație  $R_{xx}(\tau)$  a semnalului  $x(t)$

$$S_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_{xx}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (6)$$

$S_{xx}(\omega)$  este reală datorită faptului că  $R_{xx}(\tau)$  este funcție pară. În cazul semnalelor periodice funcțiile de autocorelație se pot exprima sub formă de serii și astfel rezultă un spectru de putere discret. Printr-o relație similară cu (6) se poate exprima funcția de densitate spectrală mutuală de putere a două semnale  $x(t)$ ,  $y(t)$ , având funcția de corelație  $R_{xy}(\tau)$

$$S_{xy}(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (7)$$

Funcțiile de densitate spectrală de putere proprie și mutuală sînt utile pentru caracterizarea semnalelor aleatoare, pentru care funcțiile de corelație reprezintă o etapă intermediară.

**stabilitate**, proprietate esențială a unui sistem dinamic ce caracterizează comportarea acestuia cînd este scos dintr-o stare de echilibru. Cînd s. se referă la variabila de stare  $x(t) \in X \subseteq \mathbb{R}^n$ , se utilizează noțiunea de s. internă (în sens Liapunov), respectiv s. externă (sau s. intrare/ieșire) dacă se referă la mărimea de ieșire. S. se numește liberă dacă se referă la comportarea sistemului în absența măririi de intrare ( $u(\cdot) \equiv 0$ ), respectiv s. forțată în caz contrar. Fie sistemul dinamic (neliniar, neted, finit dimensional și variant) în regim liber

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t)) \quad (1)$$

$$(y(t) = g(t, x(t)))$$

în care  $x \in X \subseteq \mathbb{R}^n$  este starea și pentru care să considerăm o traiectorie de stare particulară

$$\bar{x}(t) = \bar{\varphi}(t; t_0, \bar{x}(t_0)) \quad (2)$$

care se va numi traiectoria neperturbată (evident că (2) verifică (1) adică  $\dot{\bar{x}}(t) = f(t, \bar{x}(t))$ ). Traiectoria (2) se numește stabilă în sens Liapunov (sistemul (1) este stabil intern în jurul traiectoriei (2)) dacă oricare ar fi  $\varepsilon > 0$ , există  $\delta > 0$  astfel încît oricare ar fi  $x(t_0)$  verificînd inegalitatea

$$\|x(t_0) - \bar{x}(t_0)\| < \delta \quad (3)$$

se îndeplinește relația

$$\|x(t) - \bar{x}(t)\| < \varepsilon \quad (4)$$

oricare ar fi  $t \geq t_0$ . Traiectoria (2) se numește asimptotic stabilă (sistemul (1) este asimptotic stabil, în jurul traiectoriei (2)) dacă este stabilă în sens Liapunov și în plus există  $h > 0$  astfel încît, pentru orice  $x(t_0)$  se satisface relația

$$\|x(t_0) - \bar{x}(t_0)\| < h \quad (5)$$



rezultă

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t) - \bar{x}(t)\| = 0 \quad (6)$$

Dacă (3) și (4) se îndeplinesc cu  $\delta$  și  $h$  finiți, s. mai primește și atributul de locală, respectiv globală în caz contrar. Făcînd în (1) schimbarea de variabilă

$$\xi(t) = x(t) - \bar{x}(t) \quad (7)$$

rezultă

$$\frac{d\xi(t)}{dt} = f(t, \bar{x}(t) + \xi(t)) - f(t, \bar{x}(t)) \triangleq F(t, \xi(t)) \quad (8)$$

cu  $F(t, 0) = 0$ ,  $\forall t \geq t_0$ . Problema de stabilitate a traiectoriei neperturbate

$\left\{ \bar{x}(t) \mid t \geq t_0 \right\}$  (pentru sistemul (1)) se reduce deci la studiul traiectoriei (neperturbate)  $\xi = 0$  corespunzătoare sistemului (8). De aceea, în multe cazuri, definițiile anterioare se dau direct față de traiectoria particulară  $\xi = 0$  a sistemului echivalent (8). O imagine geometrică sugestivă pentru definițiile date, în cazul particular  $n = 2$  este cea din fig. S. 25. În cazul sistemelor (automate)

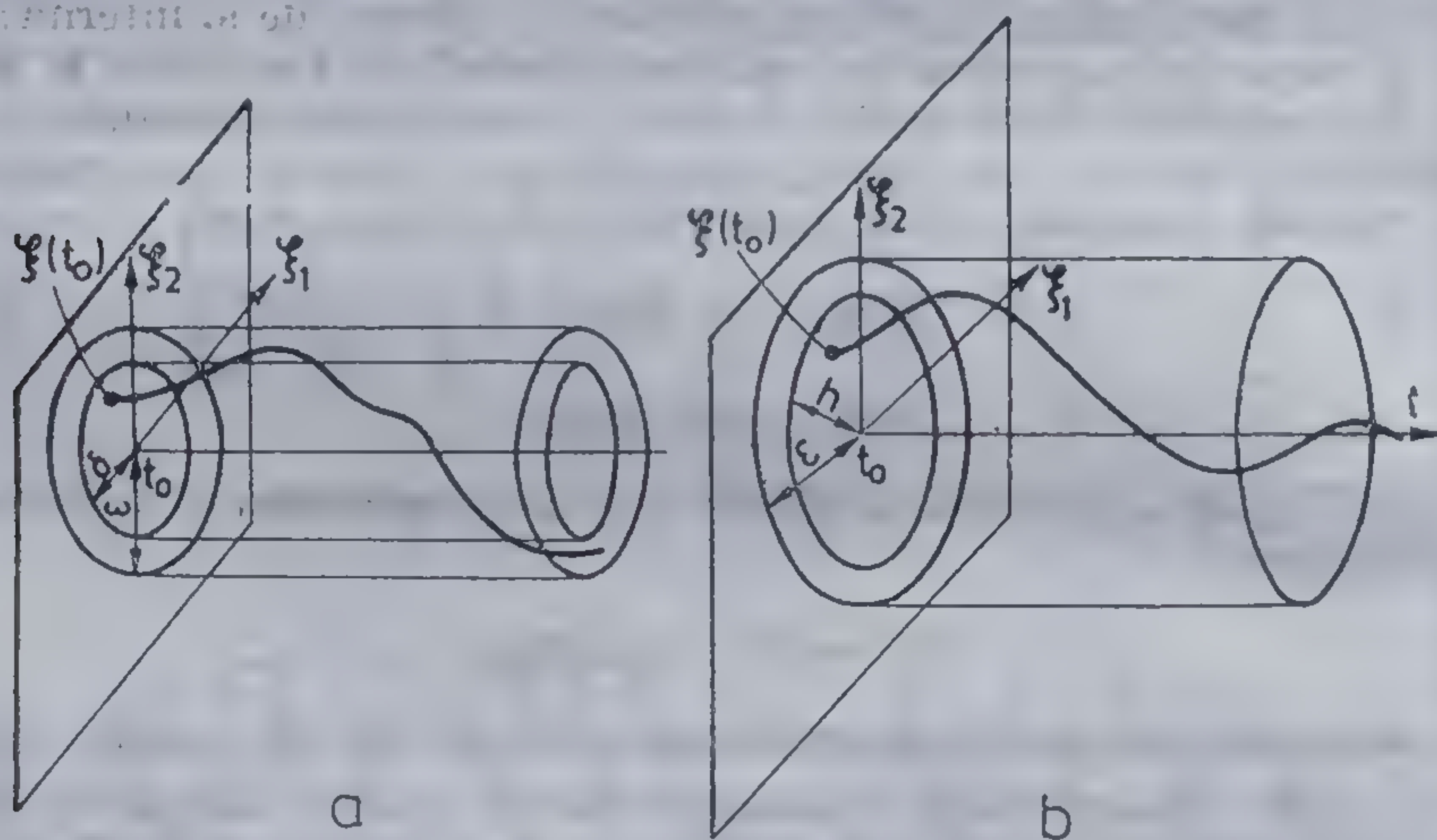


Fig. S.25. Imagini geometrice ale stabilității:  
a — stabilitate în sens Liapunov; b — stabilitate asimptotică.

cu o intrare și o ieșire, avînd  $\rightarrow$  funcția de transfer  $H(s)$ , ( $H(z)$ ) ireductibilă, există identitate între s. internă și cea externă. Cum calculul valorilor proprii ale matricii  $A$  revine la rezolvarea unei ecuații algebrice de grad  $n$ , în majoritatea cazurilor, analiza s., se face prin metode ce nu necesită un astfel de calcul; de asemenea, cum s. este interesantă pentru structura de  $\rightarrow$  sistem automat, metodele uzuale de analiză a s. (criterii de s.) se referă la condițiile de s. ale sistemului automat, pe baza funcției de transfer de pe calea directă. Criteriile de analiză a s. sînt criterii algebrice ( $\rightarrow$  criteriul Routh,  $\rightarrow$  criteriul Hurwitz etc.) sau criterii de frecvență ( $\rightarrow$  criteriul Nyquist,  $\rightarrow$  criteriul Bode etc.)



stabilitate absolută, stabilitate a structurii cu reacție prezentată în fig. S. 26, a, oricare ar fi neliniaritatea statică  $u = -\varphi(y)$  care satisface  $\varphi(0) = 0$  și  $0 \leq \varphi(y)y \leq ky^2$ ,  $k > 0$  (fig. S. 26, b).

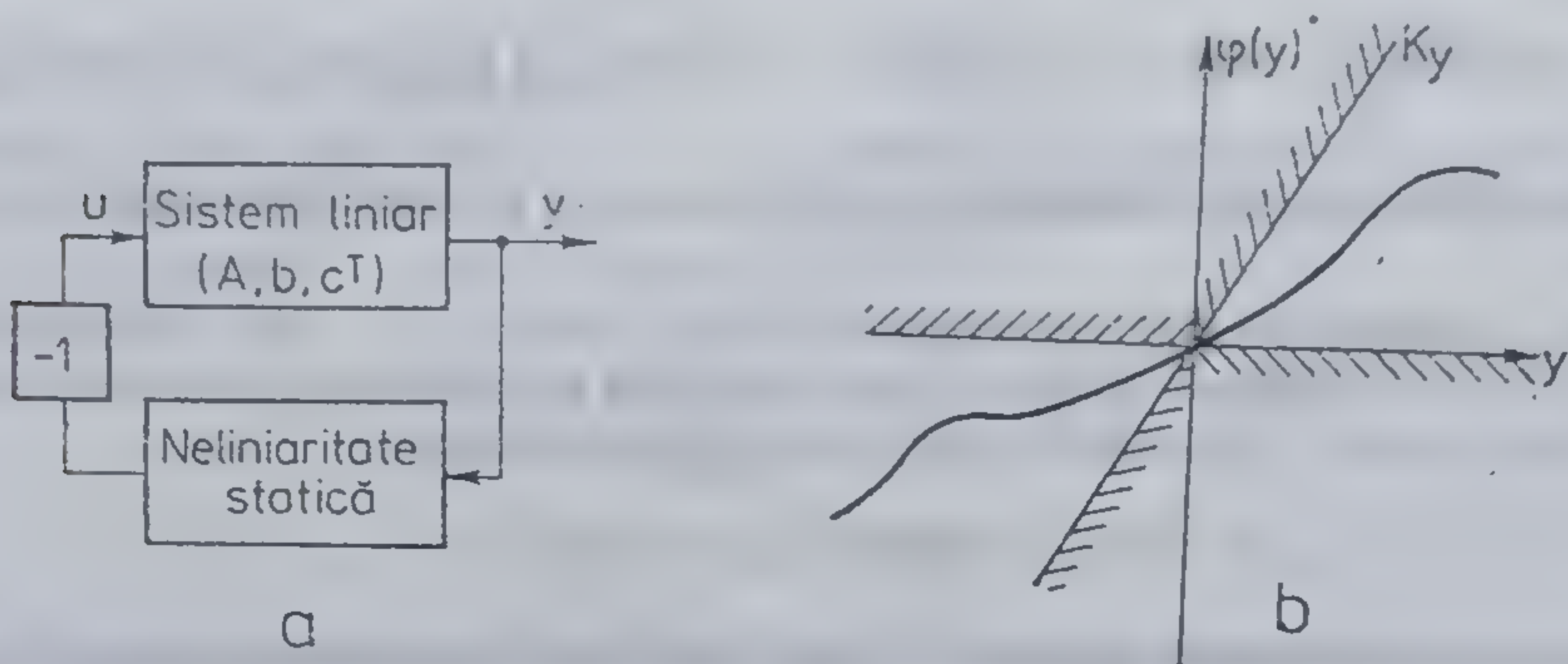


Fig. S.26. Stabilitate absolută.

Cum neliniaritatea  $\varphi(y)$  este oricare din sectorul nehașurat, stabilitatea devine o proprietate a sistemului liniar:

$$S_1: \dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = c^T x(t)$$

care este tocmai particularitatea de bază a acestei probleme de stabilitate. Rezultatul fundamental referitor la s. a. este următorul: fie  $S_1$  cu  $(A, b, c^T)$  controlabilă și observabilă; dacă există  $\alpha, \beta \geq 0$  astfel încât  $S_1$  să fie un sistem hiperstabil, atunci soluția banală ( $x \equiv 0$ ) a sistemului  $S_0$  cu

$$S_0: \dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = c^T x(t)$$

$$u(t) = -\varphi(y)$$

este absolut stabilă (sistemul  $S_0$  este absolut stabil).

**stabilizabilitate**, proprietate a sistemelor dinamice, care nefiind alocabile (nu se poate determina legea de reacție după stare  $u(t) = Fx(t)$  astfel încât pentru o mulțime simetrică fixată de  $n$  numere complexe să se asigure  $\sigma(A + BF) = \Lambda$ ) pot fi făcute stabile printr-o lege de reacție după stare, adică există  $F$  astfel încât

$$\sigma(A + BF) \subset \mathbb{C}^- \quad \text{în cazul continuu,}$$

respectiv

$$\sigma(A + BF) \subset U_1(0) \quad \text{în cazul discret.}$$

La sistemele  $(A, B, c)$  necontrolabile există ( $\rightarrow$  teorema de descompunere controlabilă) transformarea nesingulară  $T$  astfel încât perechea echivalentă  $\bar{A} = TAT^{-1}$ ,  $\bar{B} = TB$  are structura

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 \\ 0 & A_3 \end{bmatrix}, \quad \bar{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$



cu  $(A_1, B_1)$  o pereche controlabilă. Dacă  $\sigma(A_2) \subset \mathbb{C}^-$  (respectiv  $\sigma(A_2) \subset U_1(0)$ ) sistemul  $(A, B,)$  continuu (discret) este stabilizabil prin legea de reacție  $\bar{u} = Fx$ .

stare finală a unui automat  $\rightarrow$  evenimentul punerii în funcțiune a unui automat

stare de pornire a unui automat  $\rightarrow$  evenimentul punerii în funcțiune a unui automat

stare inițială a unui automat  $\rightarrow$  evenimentul punerii în funcțiune a unui automat

stări echivalente ale automatelor, două stări  $x, x'$  ale automatelor  $A, A'$  ( $A$  și  $A'$  pot fi identice sau nu, dar trebuie să aibă același alfabet de intrare și de ieșire) se numesc echivalente dacă ieșirile sînt aceleași:

$$x \mathcal{R} x' \Leftrightarrow \eta(x, u) = \eta'(x', u)$$

pentru orice secvență de intrare  $u[t_0, t]$ . Dacă echivalența se păstrează pentru o secvență de intrare de lungime  $n$ , stările se numesc  $n$  — echivalente:

$$x \mathcal{R}_n x' \Leftrightarrow (x, p) = \eta'(x', p), p \in U^*, 0 < \lg(p) \leq n$$

subautomat, automat  $A' = [U', X', Y', \varphi', \eta']$  este un subautomat al automatului  $A = [U, X, Y, \varphi, \eta]$  dacă  $U' \subseteq U, X' \subseteq X, Y' \subseteq Y, \varphi' =$

$$= \varphi \Big|_{x' \times U'}, \eta' = \eta \Big|_{x' \times I'}$$

subspațiu  $A$  — invariant, noțiune esențială în cadrul teoriei geometrice a sistemelor dinamice: un subspațiu  $\mathcal{V} \subset \mathbb{R}^n$  este  $A$  — invariant, unde  $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$  dacă

$$A \mathcal{V} \subset \mathcal{V}$$

care scris matricial înseamnă

$$AV = VA_1$$

unde  $V$  este o bază a subspațiului  $\mathcal{V}$ . De ex., subspațiul controlabil  $\mathcal{R}$  ( $\rightarrow$  controlabilitate) și subspațiul necontrolabil  $\mathcal{N}$  ( $\rightarrow$  observabilitate) sînt s.  $A$  — i.

subspațiu  $(A, B)$  — invariant, subspațiu  $\mathcal{V} \subset \mathbb{R}^n$  pentru care

$$A\mathcal{V} \subset \mathcal{V} + \text{Im}B$$

cu  $A \in \mathbb{R}^{n \times n}, B \in \mathbb{R}^{n \times m}$ . Matricial condiția de  $(A, B)$  — invariant se scrie

$$AV = VJ - BH$$

unde matricile  $J, H$  au dimensiuni corespunzătoare.

subrutină, componentă a sistemului de programe (de regulă implementînd un modul al acestuia) îndeplinind o funcție bine determinată și apelabilă din mai multe puncte ale programului.

succesor al unei stări, stare  $x_i \in X$  a unui automat finit  $A = [U, X, Y, \varphi, \eta]$  care poate fi atinsă dintr-o stare  $x_2 \in X$  printr-o succesiune de simboluri



de intrare  $p$ ,  $x_1 = \varphi(x_2, p)$ . Dacă  $x_1 \in f(x_2, u)$ ,  $u \in U$ ,  $x_1$  se numește succesor imediat al stării  $x_2$ . Se mai spune că  $x_2$  este un predecesor (respectiv predecesor imediat) al stării  $x_1$ .

**sumator**, dispozitiv de calcul analogic sau numeric, care efectuează adunarea a două sau mai multe mărimi, furnizînd la ieșire suma lor, în aceeași formă ca și operanzii din intrare.

**sumator analogic**, bloc de calcul utilizat în sistemele de reglare pentru efectuarea sumei algebrice a mai multor tensiuni. Drept element de calcul se utilizează amplificatorul operațional (fig. S.27)

$$U_e = -\frac{R_4}{R_1} \left( \sum_{i=1}^n U_{1i} - \sum_{i=1}^m U_{2i} \right), \text{ unde}$$

$$R_{11} = R_{12} = \dots R_{1n} = R_{21} = R_{22} = \dots = R_{2m} = R_1$$

pentru a avea o sumare cu pondere egală pentru toți termenii, iar  $n=m$  și  $R_3 = R_4$  pentru micșorarea erorii cu temperatura.

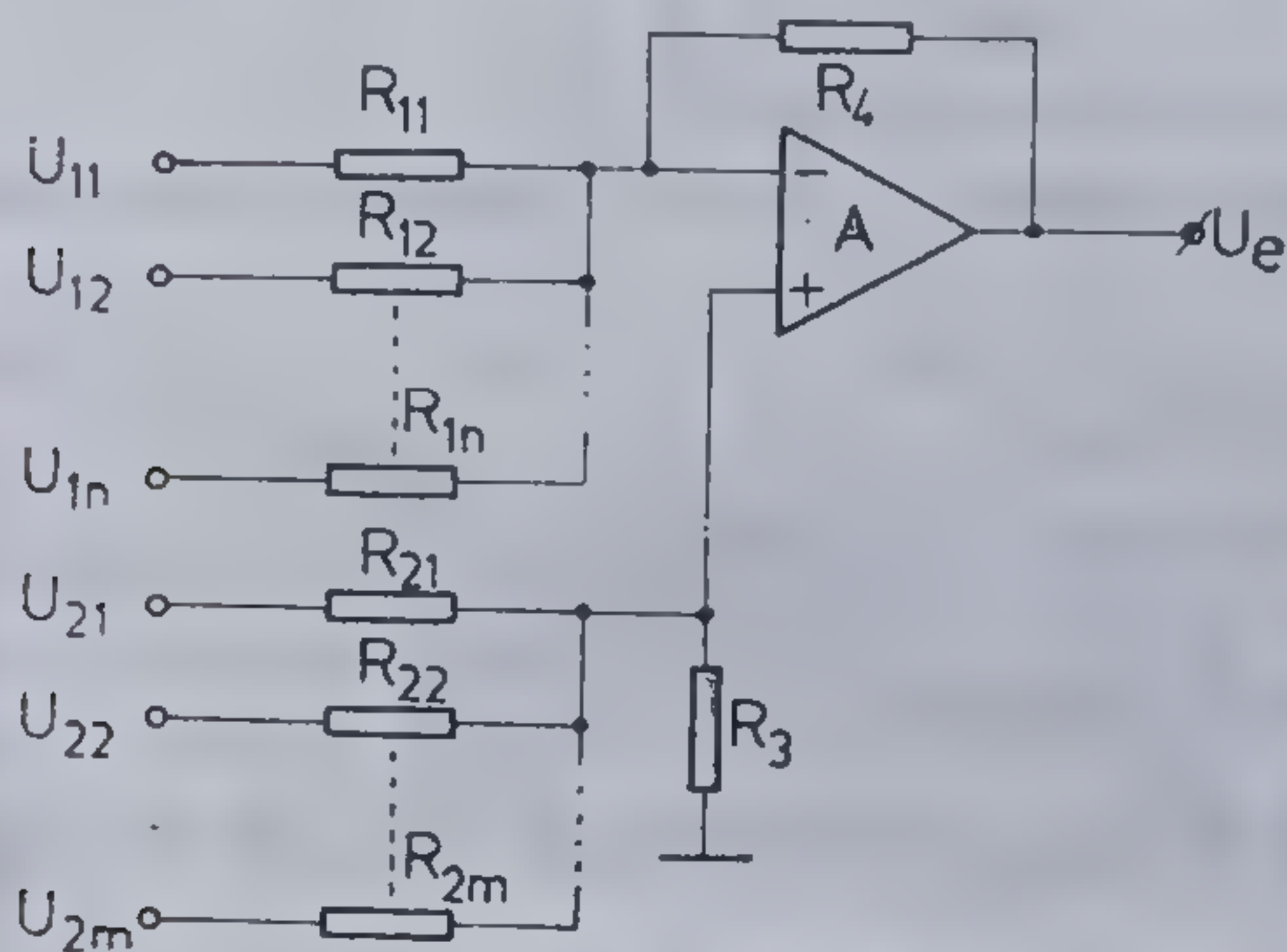


Fig. S.27. Sumator analogic cu amplificator operațional.

**sumator numeric**, dispozitiv de calcul numeric care efectuează adunarea binară a unor termeni reprezentați pe 1, 2 sau 4 biți și care furnizează la ieșire suma pe același număr de biți ca și operanzii și transportul rezultat, exprimat pe un bit. S.n. sînt realizate sub forma circuitelor integrate pe scară medie. Pentru extensia sumării la un număr de  $n$  biți, se cuplează un număr de  $n$ ,  $n/2$  sau  $n/4$  s. n. de 1, 2 sau 4 biți. Pentru sumatoarele paralele cu propagarea transportului, cu cît crește lungimea cuvîntului, cu atît crește timpul necesar pentru a efectua complet o adunare, și anume crește cu timpul de propagare pe etaj pentru fiecare bit suplimentar. Există cîteva tehnici pentru accelerarea procesului de sumare, ca: anticiparea transportului, sumarea asincronă și adunarea condiționată a sumei.

**sumă directă de automate**, automat  $A$  obținut din automatele  $A_1 = [U_1, X_1, Y_1, \varphi_1, \eta_1]$  și  $A_2 = [U_2, X_2, Y_2, \varphi_2, \eta_2]$ , cu  $U_1 = U_2 = U$ , astfel că  $A = [U, X_1 \cup X_2, Y_1 \cup Y_2, \varphi_1 \oplus \varphi_2, \eta_1 \oplus \eta_2]$ , unde

$$\varphi_1 \oplus \varphi_2 = \begin{cases} \varphi_1(x, u) & \text{dacă } x \in X_1 \\ \varphi_2(x, u) & \text{dacă } x \in X_2 \end{cases} \quad \text{iar } \eta_1 \oplus \eta_2 = \begin{cases} \eta_1(x, u) & \text{dacă } x \in X_1 \\ \eta_2(x, u) & \text{dacă } x \in X_2 \end{cases}$$

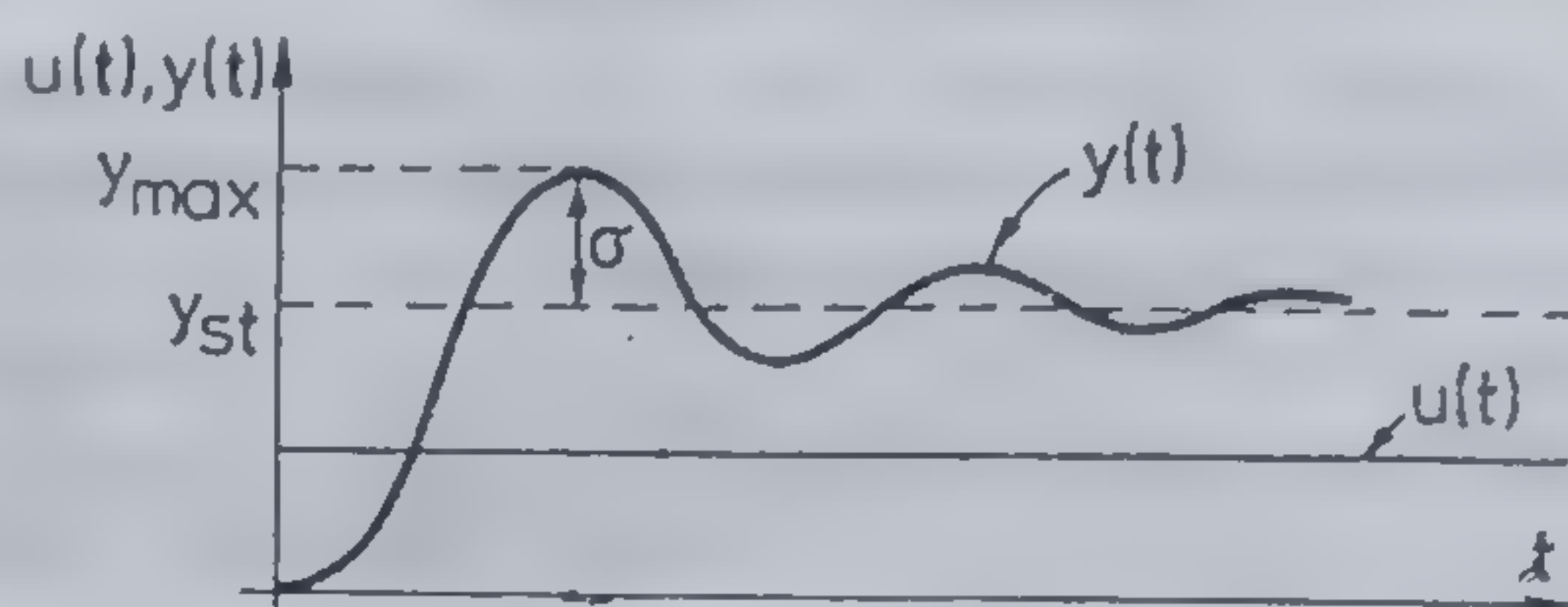
**suprareglaj**, mărimea  $\sigma = y_{max} - y_{st}$  eventual exprimată în procente din  $y_s$

$$\sigma = \frac{y_{max} - y_{st}}{y_{st}} \times 100 [\%]$$



în care  $y_{st} = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$  este valoarea staționară (stabilizată) și  $y_{max}$  este valoarea maximă pentru mărimea de ieșire  $y(t)$ , când mărimea de intrare este o treaptă (fig. S.28).  $\sigma$  este una din principalele performanțe (criterii locale) impuse în sinteza clasică a sistemelor automate.

Fig. S.28. Reprezentarea grafică a suprareglajului.



Cum

$$\sigma \leq H_0(0) \left( 1,18 \frac{P_{max}}{H_0(0)} - 1 \right)$$

cu  $H_0(s)$  funcția de transfer în circuit închis și  $P(\omega) = \text{Re}[H(j\omega)]$  rezultă că impunerea condiției

$$\sigma \leq \sigma_{dorit}$$

conduce la

$$P_{max} \leq P_{max\ dorit}$$

parametrul  $H_0(0)$  fiind determinat de eroarea staționară impusă sistemului automat (la o intrare precizată).

**supravegherea automată a arderii combustibilului în cuptoare**, procedură de automatizare care are drept scop detectarea prezenței flăcării atât timp cât există transfer de combustibil spre cuptor; cuprinde două operații esențiale: aprinderea imediat ce apare combustibilul (dispozitiv de aprindere automată) și urmărirea flăcării și blocarea combustibilului la dispariția acesteia (supravegherea automată a flăcării). Esențială în acest proces este supravegherea, de regulă aprinderea automată fiind o reaprindere după dispariția temporară a flăcării, inclusă în dispozitivul de supraveghere. Principalele categorii de detectoare de flăcără sînt: a) de tip termoelectric, ce utilizează un termocuplu cu sudura caldă în apropierea flăcării; b) cu tijă de ionizare, folosind proprietatea flăcării de gaz de a fi bună conducătoare de electricitate datorită ionizării mediului precum și pe proprietatea de a redresa un curent alternativ ce trece prin flăcără; c) cu celulă fotovoltaică, care provoacă un curent sub acțiunea radiației luminoase. În fig. S. 29 se prezintă o instalație de supraveghere și aprindere bazată pe principiul termocuplului. Instalația cuprinde un cap de aprindere CA ce conține un termocuplu CTT sub formă inelară în jurul flăcării și un arzător pilot, la care aprinderea se obține prin scînteia furnizată de o bujie alimentată la înaltă tensiune (8 — 10 000 V) de la un transformator special (Tr). Atingerea unei anumite temperaturi duce la apariția unei tensiuni electrice ce acționează un ventil electromagnetic ( $V_1$ ), care permite trecerea gazului



pe conducta principală. La dispariția flăcării temperatura scade și ventilul blochează trecerea gazului. În circuitul arzătorului se mai află un ventil  $V_2$  acționat manual prin butonul de pornire  $BP$  care permite furnizarea scînteii și apoi accesul gazului în arzător.

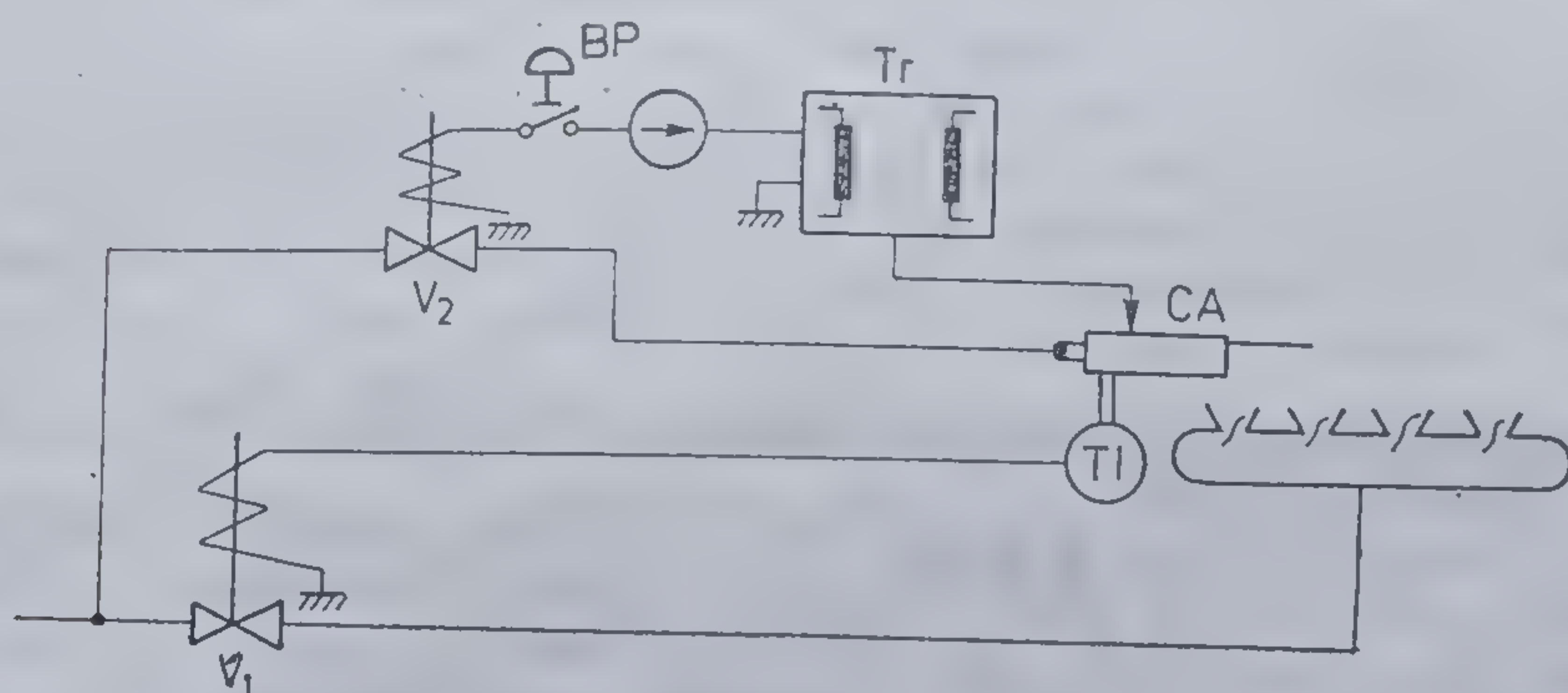


Fig. S.29. Instalație de supraveghere și aprindere.

sursă de informație, mecanism prin care din mulțimea mesajelor posibile se alege într-un mod imprevizibil, un mesaj particular destinat a fi transmis unui corespondent. Se clasifică în: sursă discretă, sursă care debitează mesaje sub formă discretă, de simboluri; sursă discretă fără memorie, sursă la care probabilitatea de apariție a unui simbol nu depinde de celelalte simboluri; sursă discretă cu memorie, sursă la care probabilitatea de apariție a unui simbol depinde de unul sau mai multe simboluri precedente; sursă staționară, sursă la care probabilitățile diferitelor simboluri nu depind de originea timpului, ci doar de poziția lor relativă; sursă ergodică, sursă staționară cu memorie finită, la care toate șirurile de simboluri sînt tipice (un șir tipic conține toate simbolurile într-un număr proporțional cu probabilitatea de apariție a acestora).

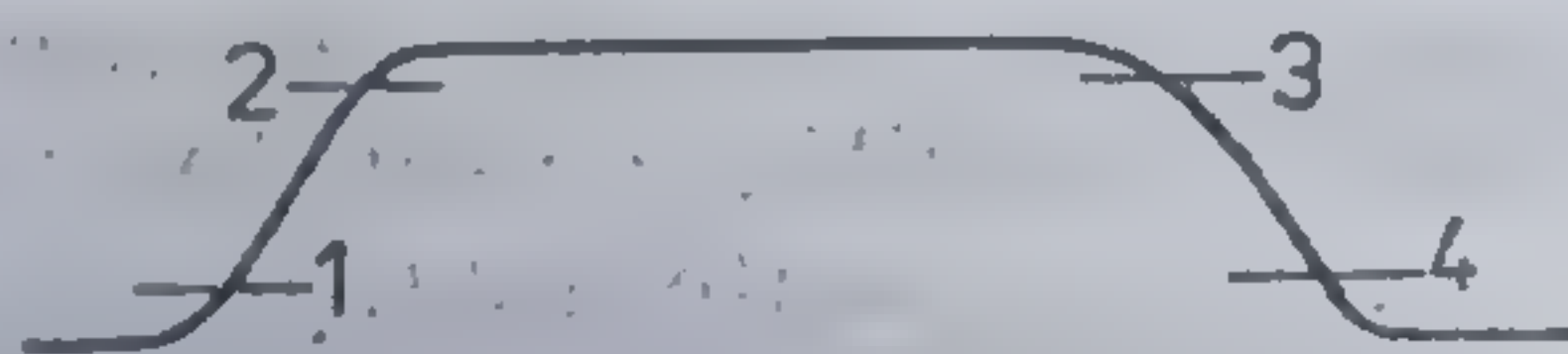


tabele de tranziție (ale stărilor și ieșirilor unui automat finit), → **reprezentarea automatelor finite**

**tact**, semnal de bază în automatele secvențiale sincrone, ce definește momentele de timp la care au loc tranzițiile de stare și de ieșire. Semnalul de **t.** este asociat, de asemenea, comportării sincrone a circuitelor basculante bistabile (de ex., *D*, *JK*), putând fi de tipurile: curent continuu acționat de front, cu cuplaj curent alternativ sau „master slave”. Semnalul de **t.** curent continuu realizează operația de basculare la o valoare particulară a tensiunii când are loc tranziția pozitivă sau negativă. Un bistabil dat recunoaște doar un tip de tranziție. Aplicarea **t.** de tip curent continuu validează intrările de date și transferă datele sincron la ieșiri. Semnalul de **t.** cu cuplaj curent alternativ este utilizat al dispozitivele *DTL*, fiind cuplat capacitiv intern la circuitul latch al bistabilului. Semnalul de **t.** de tip „master slave” acționează circuitul bistabil în patru pași (fig. T.1)

Fig. T.1. Semnal de tact de tip master-slave:

1 — izolează etajul *S* de *M*; 2 — validează intrarea datelor la etajul *M*; 3 — invalidează intrările de date; 4 — transferă datele din etajul *M* în *S* (apar la ieșire).



**tahogenerator**, micromașină electrică generatoare de tensiune proporțională cu viteza unghiulară a rotorului. **T.** sînt folosite în mod frecvent în automatizarea acționărilor ca traductoare de viteză de rotație (turație). În acest scop rotorul este cuplat mecanic cu axul motorului a cărui turație se măsoară și care trebuie să permită încărcarea cu puterea necesară antrenării **t.** După natura tensiunii pe care o generează, **t.** pot fi de curent continuu sau de curent alternativ. **T.** de curent continuu generează o tensiune continuă proporțională cu turația care poate fi utilizată direct în instalațiile de automatizare fără a necesita alte prelucrări. **T.** de curent alternativ furnizează la ieșire o tensiune alternativă a cărei valoare eficace și frecvență sînt proporționale cu turația. În general, **t.** se folosesc în domeniul 100... 0 000 rot/min. La turații către prima jumătate a intervalului sînt avantajoase **t.** de curent continuu și de curent alternativ avînd ca mărime de ieșire valoarea eficace a tensiunii, iar la turații mai mari **t.** de curent alternativ avînd ca mărime de ieșire frecvența. **T.** de curent continuu permit utilizarea directă a tensiunii generate, în schimb sînt scumpe și mai dificil de întreținut din cauza colectorului. Cele de curent alternativ nu prezintă aceste dezavantaje, dar necesită o prelucrare a tensiunii (conversie în curent continuu prin redresare și mediere) sau a frecvenței (conversie analogică sau numerică).







teoria fiabilității. În funcție de natura informației vehiculate se disting două categorii de funcții de t.: cu caracter calitativ (telesemnalizare, telecomandă) și cu caracter cantitativ (telemăsură, telereglare). După modul de dispunere a obiectivelor controlate la distanță, instalațiile de t. au un caracter concentrat (un singur post de dispecer și un singur post controlat), dispersat (un singur post dispecer și mai multe posturi controlate), sau concentrat — dispersat (concentrat în anumite puncte de execuție și dispersat în legătură cu dispecerul). În fine, după modul de organizare a transmisiei există sisteme de t. simplex (legătură într-un singur sens, de ex., de la punctul local la dispecer) sau duplex (transmisia informației se face în ambele sensuri). În fig. T.2 este prezentată schema bloc a unui sistem de t. concentrat, duplex, având toate funcțiile de t. posibile:

**telereglare**, funcție de telemecanică cu caracter cantitativ, ce permite transmiterea la distanță, de la punctul dispecer către un punct de execuție, a unei mărimi de comandă analogice sau a echivalentului codificat al acesteia.

**telesemnalizare**, funcție de telemecanică cu caracter calitativ incluzând problemele transmiterii la distanță (la punctul de comandă) a unor informații cu caracter discret despre starea procesului (de la punctele controlate). Informațiile au un caracter discret, numărul stărilor procesului controlat nefiind în general, mai mare de doi (stări curențe sau situații de depășire a limitelor impuse de funcționare). Se remarcă următoarele tipuri de t.: comutarea stărilor la punctul controlat fără intervenția dispecerului; comutarea stărilor la punctul controlat la cererea dispecerului; confirmarea privind operația impusă de dispecer; de avarie în cazul în care la punctul controlat se intră într-o zonă de funcționare periculoasă; de avarie privitoare la o avarie la punctul controlat.

**teorema de descompunere controlabilă** ( $\rightarrow$  sistem dinamic), fie perechea  $(A, B)$  necontrolabilă, adică  $\mathcal{R} = \text{Im} R \subsetneq \mathbb{R}^n$  ( $\text{rang } R = n_c < n$ ) cu  $R = [B \ AB \ \dots \ A^{n-1}B]$  matricea de controlabilitate. Atunci există realizarea echivalentă (algebric)  $(\bar{A}, \bar{B})$  având structura

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A_1 & A_3 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix} \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \end{matrix}, \quad \bar{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} n_1 \\ 0 \end{matrix}$$

unde  $(A_1, B_1)$  este o pereche controlabilă. Transformarea de izomorfism între cele două realizări este  $T$  cu

$$T^{-1} = [\bar{R} \ W]$$

cu  $\bar{R} =$  bază  $\mathcal{R}$  și  $W$  orice completare pînă la o matrice  $n \times n$  nesingulară (cel mai simplu se alege  $W =$  bază  $\mathcal{R}^\perp$ ).

**teorema de descompunere observabilă** ( $\rightarrow$  sistem dinamic), fie perechea  $(C, A)$  neobservabilă, adică  $\mathcal{O} \neq \emptyset$  unde  $\mathcal{O}$  este subspațiul neobservabil ( $\rightarrow$  observabilitate). Atunci există realizarea echivalentă algebric  $(\bar{C}, \bar{A})$  avînd structura

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ A_3 & A_2 \end{bmatrix} \begin{matrix} n_1 \\ n_2 \end{matrix}, \quad \bar{C} = [C_1 \ 0]$$



și unde  $(C_1, A_1)$  este o pereche observabilă. Transformarea de izomorfism între cele două realizări este  $T$ , cu

$$T^{-1} = [W \ \bar{N}]$$

cu  $\bar{N}$  o bază pentru  $\mathcal{N} = \ker Q$  și  $W$  o completare plină la o matrice  $n \times n$  nesingulară.

teorema de structură (Kalman), oricare ar fi o realizare de stare  $(A, B, C)$  a unui sistem, necontrolabilă ( $\text{rang } R = n_c < n$ ) și neobservabilă ( $\text{rang } Q = n_o < n$ ), există realizarea echivalentă (algebric)  $(\bar{A}, \bar{B}, \bar{C})$  avînd structura

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ 0 & A_{22} & 0 & A_{24} \\ 0 & 0 & A_{33} & A_{34} \\ 0 & 0 & 0 & A_{44} \end{bmatrix} \quad \bar{B} = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\bar{C} = [0 \ C_2 \ 0 \ C_4]$$

corespunzător căreia  $\bar{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$  cu  $x_1$  stările controlabile, dar neobservabile

$x_2$  stările controlabile și observabile,  $x_3$  stările necontrolabile și neobservabile și  $x_4$  stările necontrolabile și observabile. Tripletul  $(A_{22}, B_2, C_2)$  este  $\rightarrow$  realizarea minimală a sistemului și este  $\rightarrow$  echivalentă intrare-ieșire cu  $(A, B, C)$ . T. de s. arată că spațiul stărilor  $\mathbb{R}^n$  este decompozabil în suma directă

$$\mathbb{R}^n = \mathcal{X}_1 \oplus \mathcal{X}_2 \oplus \mathcal{X}_3 \oplus \mathcal{X}_4 \quad (1)$$

unde

$\mathcal{X}_1 = \mathcal{R} \cap \mathcal{N}$  subspațiul stărilor controlabile și neobservabile  
 $\mathcal{R} = \mathcal{X}_1 \oplus \mathcal{X}_2$  cu  $\mathcal{X}_2$  subspațiul stărilor controlabile și observabile  
 $\mathcal{N} = \mathcal{X}_1 \oplus \mathcal{X}_3$  cu  $\mathcal{X}_3$  subspațiul stărilor necontrolabile și neobservabile  
 $\mathcal{X}_4$  subspațiul stărilor necontrolabile și observabile determinat de (1).

Transformarea de izomorfism între cele două realizări este  $T$ , cu

$$T^{-1} = [X_1 \ X_2 \ X_3 \ X_4]$$

cu  $X_i$  baza subspațiului  $\mathcal{X}_i$ ;  $i = \overline{1, 4}$ .

teoremele Bendixon, exprimare a condițiilor pentru care, în planul de stare există  $\rightarrow$  ciclu limită. Prima t. B. afirmă că: o condiție suficientă ca în interiorul unui domeniu să nu existe ciclu limită este ca pe frontiera acestui domeniu expresia

$$\frac{\partial f_1(x)}{\partial x_1} + \frac{\partial f_2(x)}{\partial x_2} \text{ să păstreze semn constant}$$

unde sistemul este descris de

$$\dot{x}_1(t) = f_1(x)$$

$$\dot{x}_2(t) = f_2(x)$$



A doua t. B. afirmă că dacă în planul de stare se pot determina două contururi  $C_1$  și  $C_2$ , ce delimitează domeniul  $D$  (fig. T.3) astfel că în interiorul lui  $C_1$  se află un  $\rightarrow$  punct singular al sistemului, iar  $D$  nu conține astfel de puncte și dacă traiectoria de stare intră și rămâne în  $D$  când  $t \rightarrow \infty$  atunci

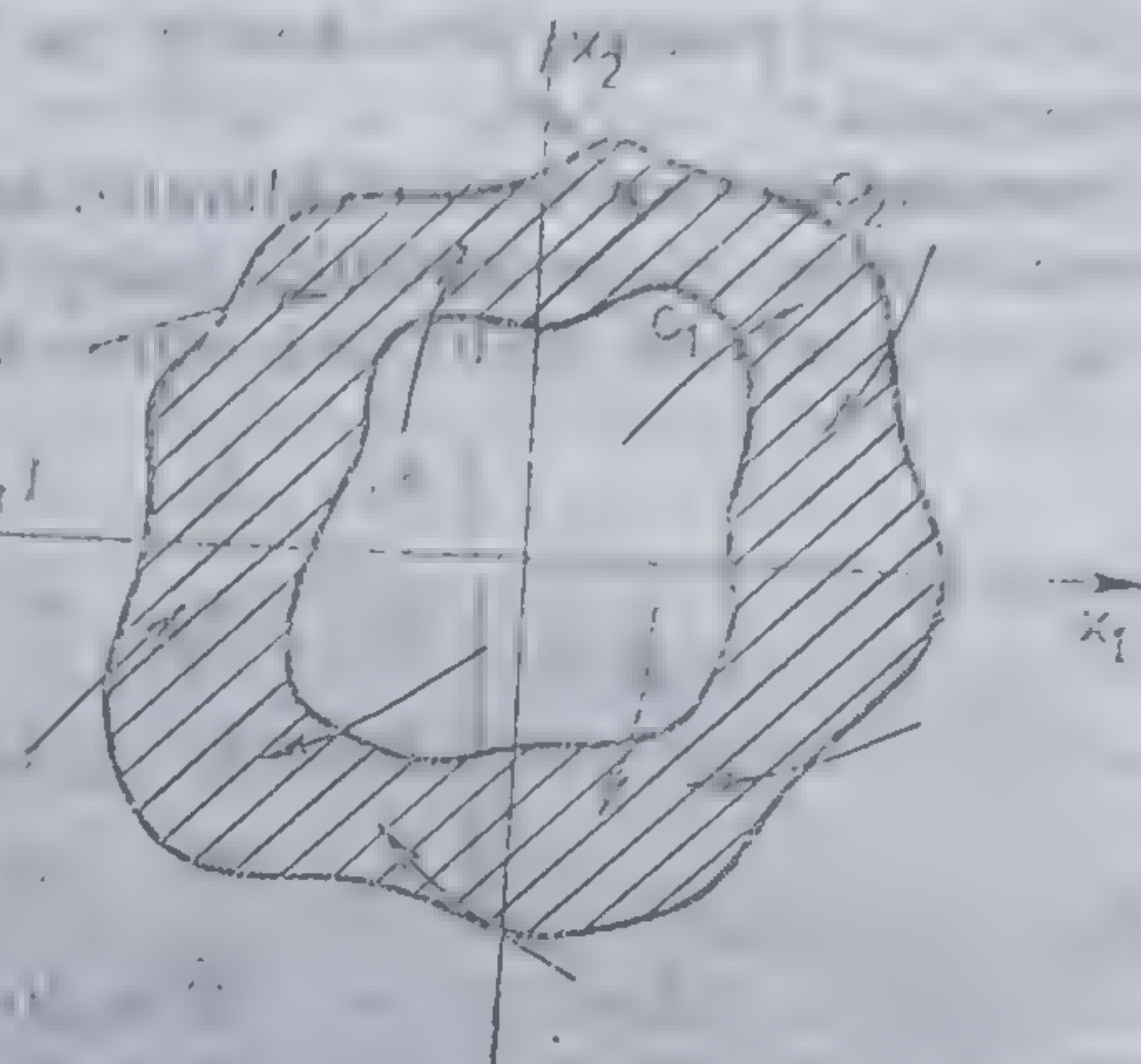


Fig. T.3. Exemplificarea grafică a celei de-a doua teoreme Bendixon.

traiectoria este ca însăși un ciclu limită sau tinde către un ciclu limită conținut în  $D$ .

#### teoremele Bode - problemă Bode

**terminal**, echipament periferic destinat interfeței între un sistem de calcul și operator. De obicei t. se poate afla la o distanță geografică de la ordi-ul metrilor la cel al suitor, de kilometri față de sistemul de calcul.

**terminal inteligent**, terminal dotat cu capacitate proprie de prelucrare a informației, ceea ce înlesnește accesul operatorului la sistemul de calcul la care este conectat t.i. și, de asemenea, contribuie la diminuarea traficului pe canalul de comunicații între t.i. și sistemul de calcul ( $\rightarrow$  terminal).

**termistor**, semiconductor a cărui rezistență electrică variază cu temperatura după o lege descrescătoare, conform relației

$$R_T = R_{T_0} B \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)$$

în care  $R_T$  și  $R_{T_0}$  sînt valorile rezistenței la temperaturile absolute  $T$  și  $T_0$ , iar exponentul  $B$  constituie o caracteristică de material. T. se caracterizează printr-o descreștere rapidă a rezistenței electrice cu temperatura, relația de dependență fiind neliniară. În scopul liniarizării se prevăd, în paralel cu t., rezistențe din materiale care nu variază în funcție de temperatură. T. sînt confecționate din oxizi de nichel, magneziu, fier, cobalt, litiu etc. și ca formă constructivă se prezintă în diverse variante: pastilă, perla, baston, de dimensiuni miniaturale. Pentru protecție ele sînt încapsulate în rășini epoxidice sau sticlă, rezistente la temperatură. Datorită masei și gabaritului redus t. au o dinamică foarte rapidă, constantele de timp fiind sub 1 s. T. uzuale sînt folosite în domenii de temperatură cuprinse între  $-100$  și  $350^\circ\text{C}$ ; în variante speciale pot ajunge la  $700, \dots, 800^\circ\text{C}$ . Valorile rezistenței electrice la  $0^\circ\text{C}$  pot varia într-o gamă largă,  $(10^2 - 10^6 \Omega)$ , iar variația de rezistență poate ajunge la  $10 - 15\%/^\circ\text{C}$ . În ultimii ani au fost realizate t. cu variație pozitivă a rezistenței electrice cu temperatura, (pozistoare).

**termocuplu**, element sensibil utilizat în componența aparatelor de măsurat și a traductoarelor de temperatură. Principiul de funcționare a t. se bazează pe efectul Seebeck, care constă în generarea unei tensiuni electromotoare într-un circuit format din două metale cu potențiale de ieșire diferite în



cazul în care cele două joncțiuni se află la temperaturi diferite. Relația de funcționare a *t.* este de forma

$$E_{T_c}(\theta) = k_{T_c}(\theta - \theta_0)$$

în care  $E_{T_c}(\theta)$  este tensiunea electromotoare,  $k_{T_c}$  — sensibilitatea *t.*,  $\theta$  și  $\theta_0$  — temperaturile celor două joncțiuni. Dacă  $\theta_0$  este presupusă constantă și cunoscută (temperatură de referință), atunci  $E_{T_c}(\theta)$  poate constitui o măsură a temperaturii  $\theta$ . În tabelul T.1 sînt date cîteva dintre tipurile de *t.* cu cele

Tabelul T.1

Tipuri uzuale de termocupluri

Denumirea termocuplului	Domeniul de temperatură °C		Variația tensiunii termoelectromotoare în intervalul 0...100°C (sudură rece la 0°C) mV
	Regim continuu	Regim intermitent	
Platin-Platin Rhodiu (Pt 10%)	0...1300	0...1600	0,643
Platin-Platin Rhodiu (Pt 13%)	0...1400	0...1600	0,645
Fier-Constantan	0...500	0...550	5,35
Cromel-Alumel	0...1000	0...1200	4,10

mai largi aplicații în domeniile de temperatură corespunzătoare, iar în fig. T.4 schema constructivă. Din punct de vedere constructiv *t.* constă din două fire, din metale care fac pereche, în tabelul precedent, sudate la unul din capete (joncțiunea caldă), izolate între ele cu materiale rezistente la tempe-

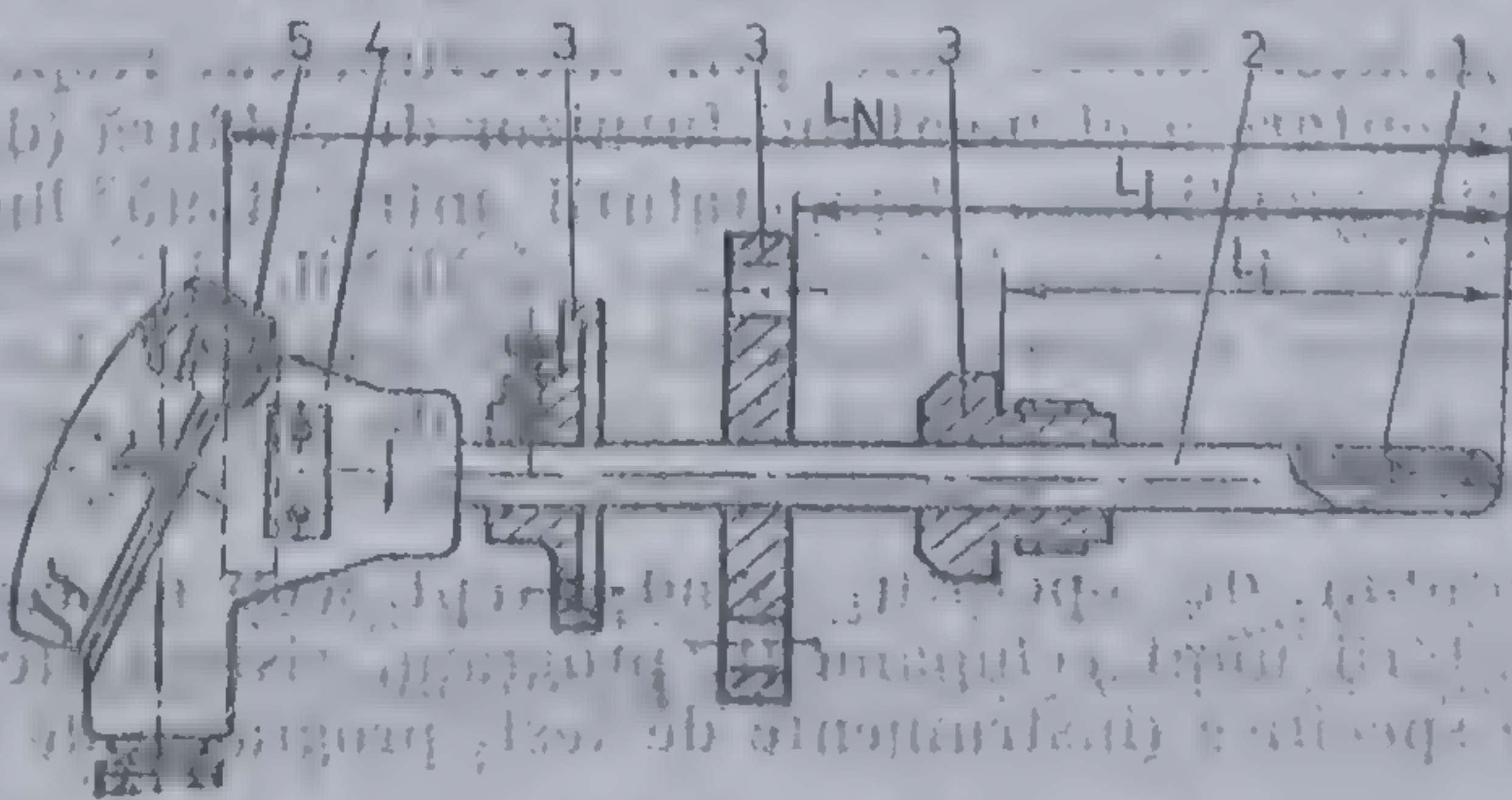


Fig. T.4. Schița constructivă a unui termocuplu:

- 1 — element sensibil; 2 — teacă de protecție; 3 — dispozitiv de fixare; 4 — cutia de borne; 5 — placă de borne.



ratură (ceramică, fibre de sticlă) și introduse într-un tub (sau mai multe) care să asigure o protecție mecanică și împotriva acțiunilor corozive ale mediului în care este instalat. Totodată acest tub este prevăzut cu accesoriile de montare și cu o cutie de borne la care sînt aduse capetele libere pentru circuitele de măsurare. Performanțele dinamice ale *t.*, importante în cazul traductoarelor, sînt determinate în principal de masă și proprietățile de transmisie a căldurii pe care le are tubul de protecție. În general, pentru *t.* cu un singur tub de protecție se admite o funcție de transfer de tipul element de întârziere de ordinul I. *T.* folosite ca elemente sensibile pentru traductoare se asociază cu circuite de amplificare de curent continuu și cu convertoare tensiune-curent, cu ajutorul cărora se obține semnalul de ieșire cu o dependență liniară de temperatură. *T.* sînt folosite frecvent în măsurările și automatizările industriale datorită domeniilor largi de temperatură în care pot funcționa, a caracteristicilor liniare și a unor construcții simple și ieftine.

**termorezistență**, element sensibil pentru aparate de măsurat și traductoare de temperatură a cărui funcționare se bazează pe variația cu temperatura a rezistenței electrice a metalelor conductoare. Relația care exprimă variația rezistenței metalelor conductoare pure în funcție de temperatură este de formă

$$R_{\theta} = R_{\theta_0} [1 + \alpha(\theta - \theta_0) + \beta(\theta - \theta_0)^2 + \gamma(\theta - \theta_0)^3 + \dots]$$

unde  $R_{\theta}$  și  $R_{\theta_0}$  sînt valorile rezistenței la temperatura de măsurat  $\theta$ , respectiv la cea de referință  $\theta_0$ , iar  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , ... sînt coeficienți ce caracterizează legea de dependență a rezistenței de temperatură. Principalele metale utilizate pentru confecționarea de *t.* sînt platina, nichelul și cuprul. Temperatura de topire ridicată, rezistența la coroziune, liniaritatea dependenței de temperatură, proprietăți care caracterizează platina au determinat ca *t.* din acest metal să fie cele mai răspîndite pentru intervale de temperatură cuprinse între  $-150^{\circ}\text{C}$  și  $600^{\circ}\text{C}$ . *T.* din nichel și cupru, deși mai ieftine, au o utilizare mai restrînsă, domeniile de temperatură fiind  $-50 \dots 150^{\circ}\text{C}$ , respectiv  $-50 \dots 200^{\circ}\text{C}$ , limitate de pericolul de oxidare și de neliniarități pronunțate la temperaturi mai înalte. Sub raport constructiv *t.* sînt asemănătoare cu  $\rightarrow$  **termocuplurile**. În consecință performanțele dinamice ale *t.* sînt aceleași cu ale termocuplurilor. Circuitele de măsurare pentru *t.* folosite ca elemente sensibile pentru traductoare sînt de regulă punți Wheatstone, funcționînd în regim dezechilibrat, sau punți cu echilibrare automată. Aceste circuite sînt asociate cu amplificatoare și convertoare de ieșire care asigură obținerea semnalului unificat, variînd liniar cu temperatura măsurată.

**termostat**, regulator direct care prin întreruperea, respectiv restabilirea circuitului de alimentare a elementului furnizor de căldură (de ex., rezistență electrică), permite menținerea temperaturii între două limite: superioară, la atingerea căreia se produce întreruperea încălzirii, și inferioară, la atingerea căreia se produce reluarea procesului de încălzire. Un exemplu foarte comun este *t.* cu bimetal, utilizat la fierul de călcat cu temperatura de lucru reglabilă, fixată prin prelensionarea lamelor de bimetal.

**testare**, ansamblu de operații avînd drept scop evaluarea, cantitativă și calitativă, a stării unui echipament, program, sistem etc. *T.* este executată cu mijloace specifice (instrumente de test, programe de test, combinații ale acestora).

**testarea încadrării între limite**, operație în cadrul prelucrării primare a datelor avînd drept scop verificarea încadrării între limite impuse a unei



mărimi analogice colectate din proces. Se testează încadrarea între limite de prealarmare, limite tehnologice, limitele instrumentului de măsură etc.

**timp de comutație**, durata necesară comutării unui tranzistor din starea de blocare în starea de conducție sau invers. **T. de c.** este de o importanță vitală pentru proiectarea circuitelor numerice, pentru că el determină viteza maximă la care întregul sistem numeric poate opera. Un ciclu de comutare complet al tranzistorului este compus din 4 intervale de timp: timp de cădere ( $t_f$ ), timp de creștere ( $t_r$ ), timp de întârziere ( $t_d$ ), timp de întârziere de stocării ( $t_s$ ). Prin extensie, termenul **t. de c.** este utilizat pentru a defini durata comutării de stare ( $1 \rightarrow 0$  sau  $0 \rightarrow 1$ ) pentru circuitele numerice de tip porți logice, bistabili, pentru relee ș.a.

**timp de creștere**, intervalul de timp  $t_c = t_2 - t_1$ , unde  $t_2, t_1$  sînt determinate de intersecția tangentei în punctul de inflexiune a răspunsului  $y(t)$ ,  $t > 0$  cu dreapta  $y = y_{st}$ , respectiv cu axa absciselor ( $\rightarrow$  fig. T.7). Definiția dată este evident valabilă în cazul sistemelor al căror răspuns este monoton în intervalul  $[t_0, t_s]$ ; în caz contrar se poate cel mult judeca, pe valoarea mediată a răspunsului. **T. de c.** împreună cu  $\rightarrow$  **timpul de stabilire**,  $\rightarrow$  **timpul tranzitoriu** și  $\rightarrow$  **suprareglajul** reprezintă performanțele uzuale în cadru sintezei clasice a sistemelor automate. În unele cazuri, **t. de c.** se definește simplu ca fiind intervalul de timp în care mărimea de ieșire variază în intervalul  $10\% y_{st} - 90\% y_{st}$ , unde  $y_{st}$  este valoarea staționară a mărimii de ieșire  $y(t)$ .

**timp de stabilire**, ( $t_s$ ), intervalul de timp minim în care mărimea de ieșire ajunge la valoarea de regim staționară ( $\rightarrow$  fig. T.7).

**timp mort**, durata  $\tau$  în care mărimea de ieșire nu prezintă variație în contextul unei modificări a mărimii de intrare. Un sistem cu **t.m.** este un sistem dinamic liniar avînd funcția de transfer

$$\overline{H}(s) = e^{-\tau s}$$

cu  $\tau$  constanta de timp mort. **T.m.** apare în cazul  $\rightarrow$  sistemelor cu parametri distribuiți la fixarea coordonatei geometrice, adică el apare în cazul sistemelor la care transmisia de masă sau energie se face cu viteză finită. Printre puținele sisteme ce se descriu exact prin **t.m.** se află sistemul de tip „bandă transportoare” (fig. T.5), la care mărimea de intrare este poziția deschizătorului de la buncărul de alimentare, și mărimea de ieșire, debitul de material la cealaltă extremitate a benzii transportoare; în acest caz evident  $\tau = l/v$ . În multe cazuri, **t.m.** se utilizează pentru descrierea aproxima-

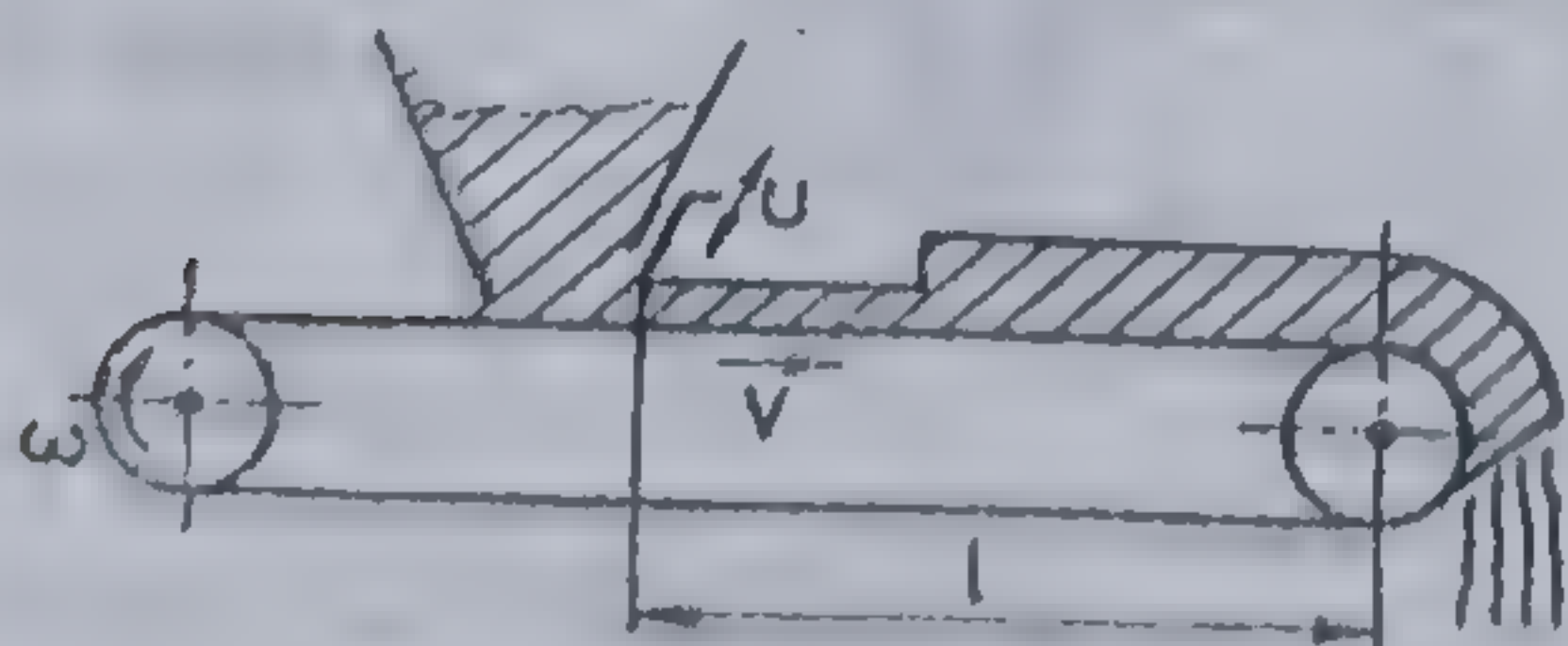


Fig. T.5. Proces tehnologic cu timp mort.

tivă a sistemelor de ordin dinamic mare, pe baza aproximării răspunsului ca în fig. T.6, adică sistemul respectiv este descris de funcția de transfer (aproximativă)

$$\tilde{H}(s) = \frac{K e^{-\tau s}}{1 + Ts}; \quad K = \frac{y_{st}}{\Delta}$$



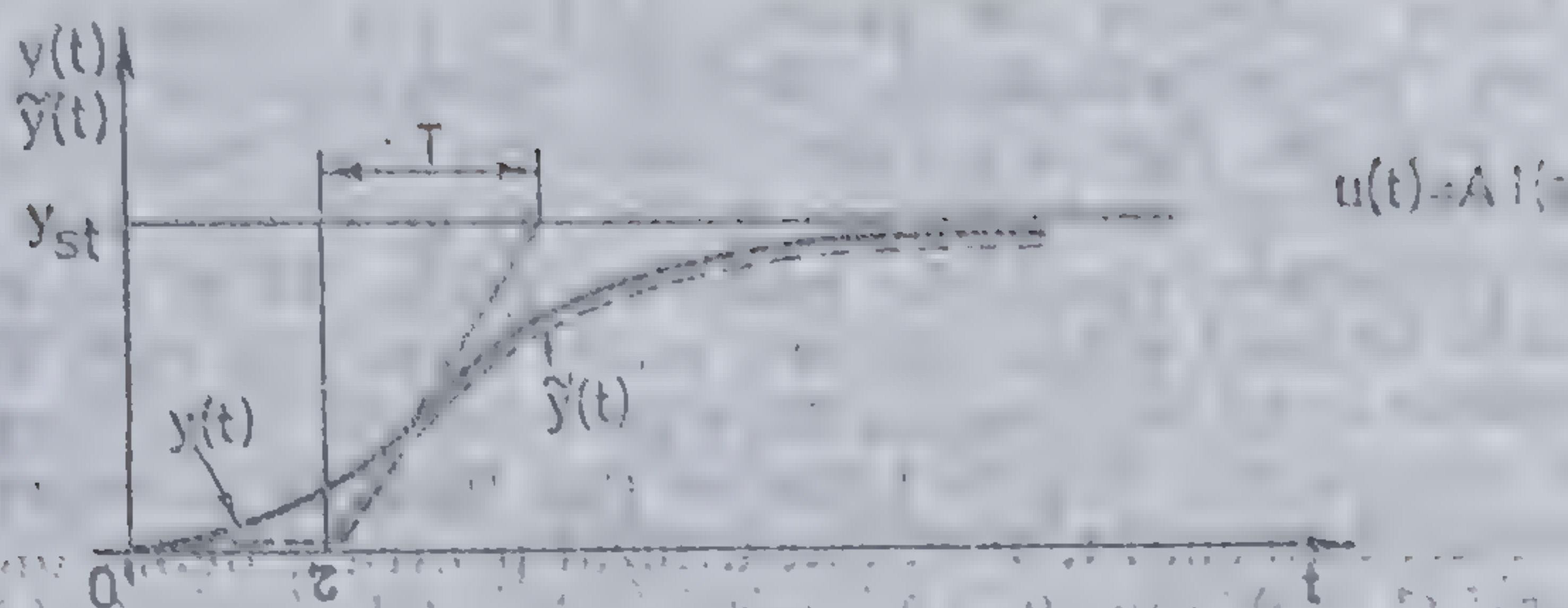


Fig. T.6. Aproximarea răspunsului unui sistem cu timp mort.

**timp real**, noțiune utilizată pentru caracterizarea operațiilor ce se desfășoară în sincronism cu evenimentele lumii exterioare. Un sistem de conducere are o comportare în t.r. dacă deciziile elaborate de acesta sînt emise la momentul oportun, adică sînt aplicate procesului condus înainte ca ele să-și piardă valabilitatea.

**timp tranzitoriu**, interval de timp în care, în mod convențional, se consideră încheiat regimul tranzitoriu al unui sistem. T.t. reprezintă intervalul de timp în care mărimea de ieșire  $y(t)$  intră în banda de  $\pm 5\%$  sau  $\pm 2\%$  din valoarea de regim staționar  $y_{st} = \lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$  și nu o mai părăsește, cînd

la intrarea sistemului se aplică o mărime sub formă de treaptă, condițiile inițiale sînt nule și evident sistemul este strict stabil. Definiția convențională a t.t. este necesară deoarece sistemele dinamice netede își ating valoarea de regim staționar pentru  $t \rightarrow \infty$  (sînt asimptotice). Prin definiția care i s-a dat, t.t. reprezintă o performanță a răspunsului unui sistem (a sistemului) permițînd compararea sistemelor între ele, deoarece în mod natural, se dorește ca t.t. să fie cît mai scurt ( $t_t \leq t_t, \text{dorit}$ ) (fig. T.7).

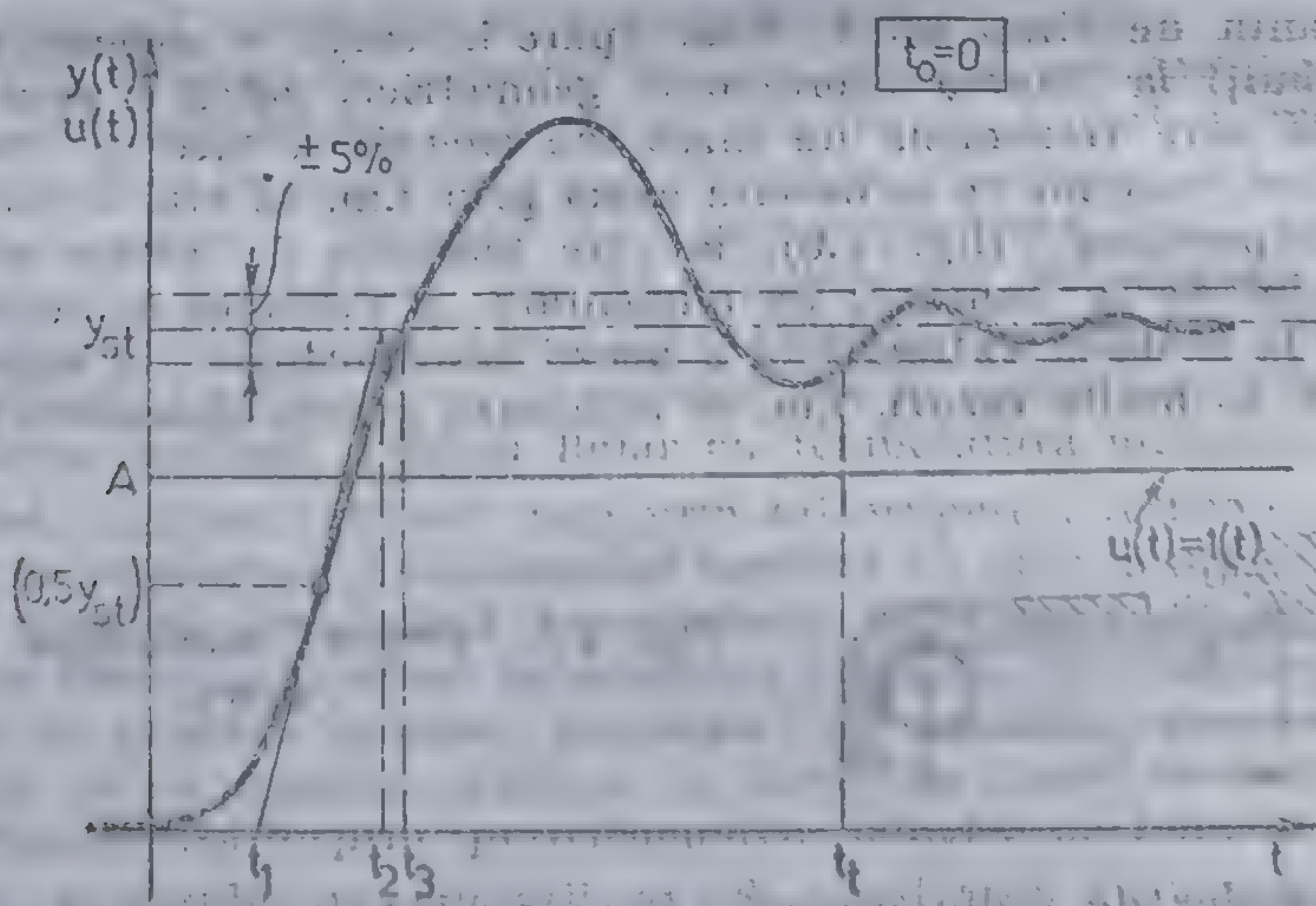


Fig. T.7. Definiția grafică a timpului tranzitoriu.

traductor, element component al unui sistem automat prin intermediul căruia este măsurată mărimea de ieșire din procesul automatizat (parametrul de calitate) și convertită într-un semnal apt de-a fi comparat cu



mărimea de referință. Realizând o funcție de măsurare,  $t$ . are în principiu o structură similară cu aceea a unui ~~apar~~ **apar**at de măsurat, deosebirea constând în faptul că informația furnizată în loc să se adreseze unui operator uman, este transmisă dispozitivului de automatizare (regulator, echipament de conducere etc.). Dacă elementele sensibile ale aparatelor de măsurat și  $t$ . pot fi aceleași, ele se deosebesc esențial în ceea ce privește adaptorul. Diversitatea mare a mărimilor care intervin în procesele automatizate, atât în ceea ce privește natura lor fizică cât și domeniile de variație, împreună cu creșterea continuă a volumului de automatizări industriale a dus la crearea sistemelor unificate de reglare, caracterizate prin operarea numai cu anumite tipuri de semnale. Elementele care asigură posibilitatea de a opera cu semnale unificate, indiferent de natura fizică și intervalul de variație a mărimilor din procesele tehnologice sunt adaptoarele  $t$ . (denumite chiar  $t$ . cu ieșire în semnal unificat). Semnalele unificate sunt fixate pentru diferite tipuri de echipamente de automatizare:

- a) sisteme de reglare cu echipamente electronice analogice
  - curent continuu 4...20 mA (2...10 mA, 10...50 mA);
  - tensiune continuă 0...10 V (0...20 V, 10...+10 V);
- b) sisteme de reglare cu echipamente pneumatice
  - presiune de aer, 20...100 kN/m<sup>2</sup> (0,2...1 bar);
- c) sisteme de conducere cu echipamente numerice
  - semnale compatibile TTL cod binar 8, 10, 12, 16 biți;
  - sau zecimal codificat binar cu 2, 3 sau 4 decade;

Performanțele cerute  $t$ . derivă din funcțiunile, care sunt rezervate în cadrul sistemului automat și, pe scurt, pot fi sintetizate astfel: caracteristică de transfer liniară (uneori cu neliniarități intenționate în scop de compensare); dinamică rapidă (astfel încât adesea este neglijabilă în raport cu celelalte componente ale sistemului); precizie ridicată, fiind elementul care condiționează precizia cu care se realizează obiectivele automatizării. Elementele sensibile reprezintă partea cea mai diversificată a  $t$ ., ele fiind acelea care trebuie să detecteze o mare varietate de mărimi de proces. În tabelul T.2 este prezentată o clasificare a  $t$ . după mărimile fizice și tipurile de elemente sensibile corespunzătoare, iar în tabelul T.3 sunt reprezentate semnele convenționale pentru  $t$ . prin care se evidențiază tipurile de elemente sensibile. Adaptoarele sunt diferențiate în intrare în raport cu tipul elementului sensibil și au caracteristici similare în ieșire în cadrul aceluiași sistem unificat. Ele pot avea structuri foarte variate, de ex., de la un simplu amplificator sau convertor tensiune-curent la compensatoare automate funcționând pe principiul sistemelor de urmărire. Elementele sensibile și adaptoarele pot forma o singură unitate constructivă atunci când condițiile de mediu o permit, dar adesea ele se prezintă ca unități distincte conectate prin dispozitive de legătură și transmisie (de ex., la un  $t$ . de temperatură cu elementul sensibil termorezistență sau termocuplu, ele sunt plasate în instalația tehnologică și conectate prin conductoare electrice cu adaptorul electronic montat într-un dulap local de automatizare sau într-o cameră de comandă). Tendința este aceea a miniaturizării și a integrării, adică a înglobării într-o unitate constructivă de mică dimensiuni — similară circuitelor integrate pe scară largă — atât a elementului sensibil cât și a adaptorului (inclusiv elemente de calcul, de liniarizare și compensare termică). În fig. T.8 se prezintă o secțiune printr-un  $t$ . integrat de presiune diferențială și schema electronică aferentă. În ceea ce privește  $t$ . numerice (cu ieșire în cod), operația de cuantizare se poate efectua la nivelul elementului sensibil, de ex. la  $t$ . de deplasare



Clasificarea traductoarelor după mărimile detectate și tipurile de elemente sensibile











Tăbelul T.2

Mărimi fizice de bază	Mărimi fizice derivate	Elemente sensibile tipice
Deplasare	<ul style="list-style-type: none"> <li>— deplasare liniară</li> <li>— deplasare unghiulară</li> <li>— lungime (dimensiuni geometrice)</li> <li>— grosime</li> <li>— straturi de acoperire</li> <li>— nivel</li> <li>— deformare (indirect forță, presiune, cuplu)</li> <li>— altitudine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— rezistive</li> <li>— inductive</li> <li>— capacitive</li> <li>— fotoelectrice</li> <li>— electrodinamice (de inducție, selsine, inductosine)</li> </ul>
Viteză	<ul style="list-style-type: none"> <li>— viteză liniară</li> <li>— viteză unghiulară</li> <li>— debit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— electrodinamice (de inducție)</li> <li>— fotoelectrice</li> <li>— termorezistive</li> </ul>
Forță	<ul style="list-style-type: none"> <li>— efort unitar</li> <li>— greutate</li> <li>— accelerație (vibrații)</li> <li>— cuplu</li> <li>— presiune (absolută, relativă, diferențială, vacuum; indirect nivel, debit)</li> <li>— viscozitate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— rezistive</li> <li>— inductive cu element elastic asociat</li> <li>— capacitive</li> <li>— piezorezistive</li> <li>— piezoelectrice</li> <li>— magnetostrictive</li> </ul>
Temperatură	<ul style="list-style-type: none"> <li>— temperatură (solide, fluide, de suprafață)</li> <li>— căldură (flux, energie)</li> <li>— conductibilitate termică</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— termorezistențe</li> <li>— termistoare</li> <li>— termocupluri</li> <li>— detectoare de radiații</li> <li>— complexe (dilatare + deplasare)</li> </ul>
Masă	<ul style="list-style-type: none"> <li>— debit de masă</li> <li>— greutate</li> <li>— densitate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— idem ca la forță</li> </ul>
Concentrație	<ul style="list-style-type: none"> <li>— componente în amestecuri de gaze</li> <li>— ioni de hidrogen în soluție</li> <li>— umiditate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— termorezistive</li> <li>— electrochimice</li> <li>— conductometrice</li> </ul>
Radiație	<ul style="list-style-type: none"> <li>— luminoasă</li> <li>— nucleară</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— fotoelectrice</li> <li>— elemente sensibile bazate pe ionizare</li> </ul>



*Tabelul T.3*

**Semne convenționale pentru traductoare de temperatură, debit, nivel, presiune, diverse (conf. STAS 6755-67)**

Denumirea	Semn convențional
Termorezistență simplă	
Termorezistență dublă	
Termocuplu simplu	
Termocuplu dublu	
Element sensibil cu dilatare la temperatură	
Bimetal	
Pirometru	
Termometru din sticlă	
Termometru manometric	
Diafragmă	






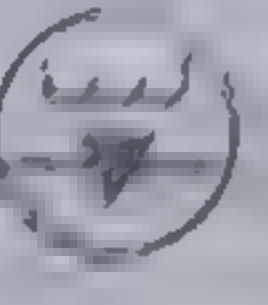


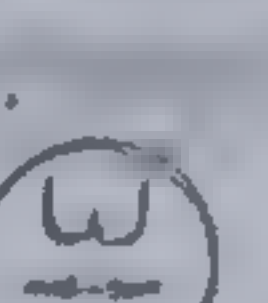


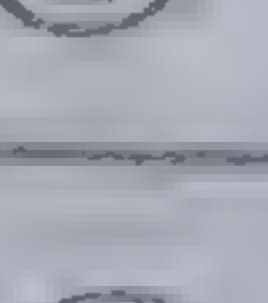
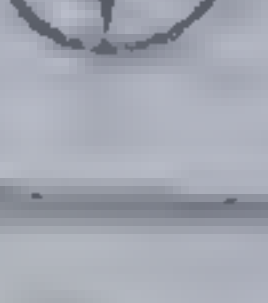
Tabelul T.3 (continuare)

Denumirea	Semn convențional
Tub Venturi	
Ajutaj	
Tub hidrometric (determinarea debitului prin insuflare de aer în tub scufundat)	
Debitmetru electromagnetic	
Debitmetru cu plutitor	
Debitmetru cu flotor (rotametrul)	
Contor cu roți ovale	
Contor cu piston inelar	
Contor cu tambur	
Contor cu paletă	
Contor cu piston	














Tabelul T.3

Tabelul T.3 (continuare)

Denumirea	Simbol convențional
Contor cu bandă	
Plutitor	
Tub pneumatic	
Plutitor inductiv	
Traductor capacitiv	
Traductor de forță, deplasare cu mărci tensometrice	
Traductor de forță, deplasare magnetoelastice	
Traductor cu radiații	
Sticlă de nivel	
Manometru cu tub elastic	
Manometru cu arc elicoidal	





Tabelul T.3 (continuare)

Denumirea	Semn convențional
Manometru cu membrană simplă	
Manometru cu membrană dublă	
Manometru cu tub U	
Manometru diferențial cu tub U	
Balanță inelară	
Traductor de conductibilitate electrică	
pH-metru	
Tahogenerator	
Traductor de poziție, deplasare	
Traductor piezoelectric	
Higrometru	



Tabelul T.3 (continuare)

Denumirea	Seam convențional
Traductor inductiv	
Ceas	

Simboluri literale pentru parametri măsurați, reglați și comandați, precum și ale funcțiilor elementelor de măsurare, reglare și comandă, (conf. STAS 6755-74)

Nr. crt.	Simbolul	Succesiunea literelor în simboluri				
		Simboluri pentru definirea parametrilor măsurați, reglați sau comandați	Simboluri pentru definirea funcțiilor elementelor de măsurare, reglare și comandă			
1	A	Analiză				Alarmă semnalizare
2	B	Flacără		Semnificație la alegere	Semnificație la alegere	Semnificație la alegere
3	C	Conductivitate (electrică)			Reglare automată	
4	D	Densitate (masă) sau greutate specifică	Diferențial			
5	E	Tensiune electrică		Element primar		
6	F	Debit	Raport			
7	G	Dimensiune		Indicator fără măsură		
8	H	Acțiune declanșată manual				Maxim
9	I	Intensitate a curentului electric		Indicare		
10	J	Putere	Comutare			



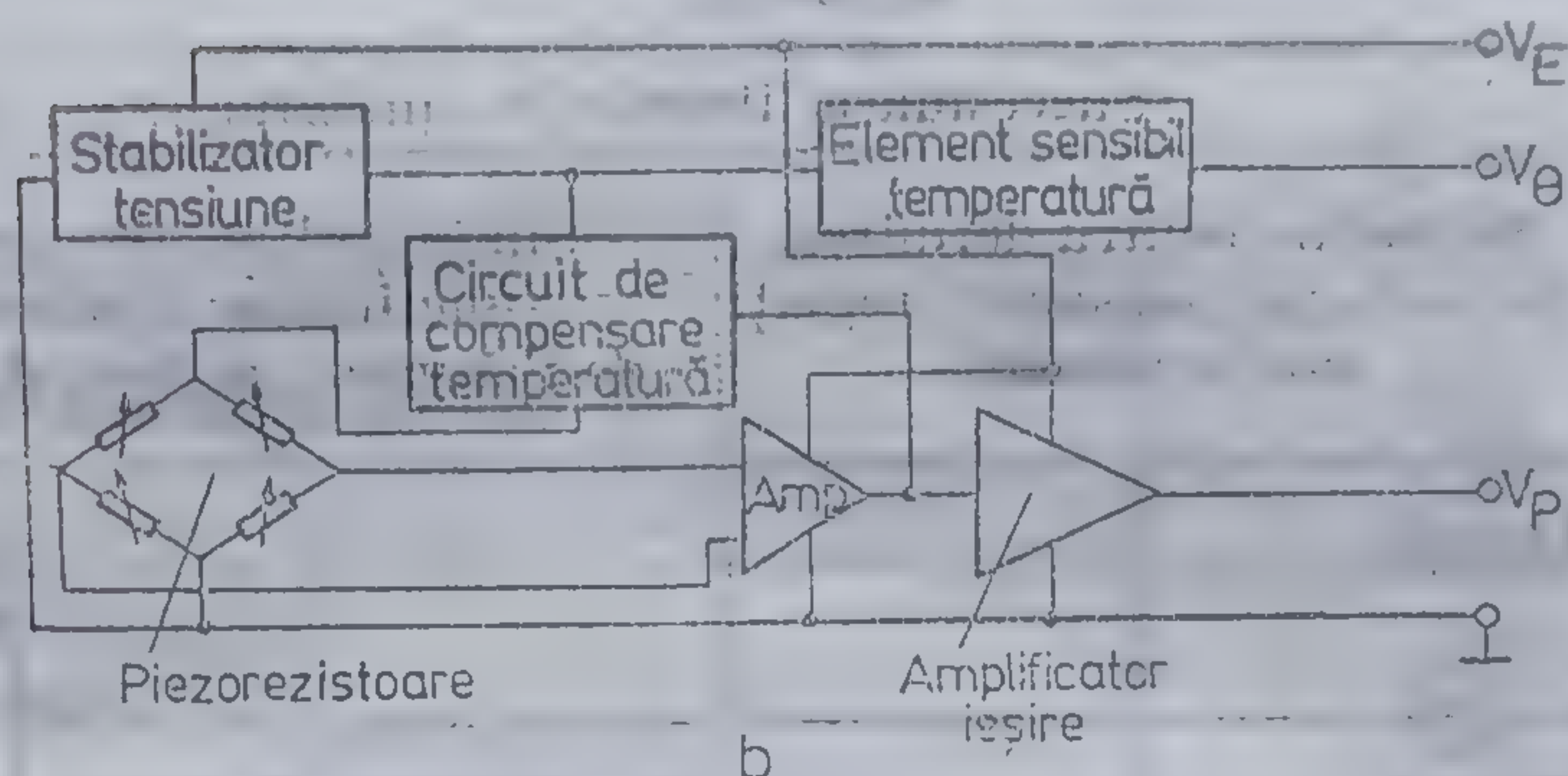
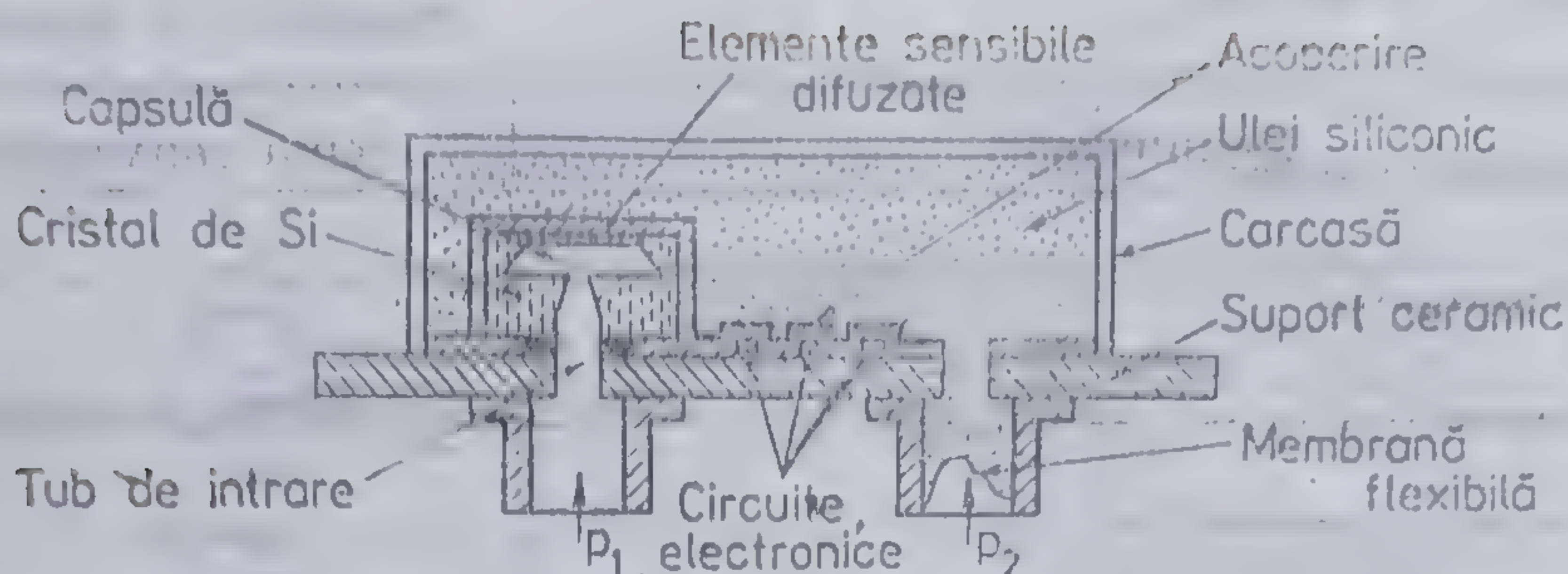


Fig. T.8. Traductor integrat de presiune diferențială.

liniară sau unghiulară, precum și la unele mărimi ce depind de timp (viteză, frecvență, fază etc.), sau la nivelul adaptorului prin includerea unui → convertor analog — numeric de semnal electric curent sau tensiune, furnizat de elementul sensibil, sau de o schemă de măsurare.

traietorie de fază (cu referire la sistem dinamic), mulțimea punctelor  $\{(t, \varphi(t; t_0, x_0, \omega)) \mid t \geq t_0\}$  reprezentate în spațiul  $\mathbb{R}^{n+1}$ . Produsul cartezian  $T \times X$  se numește *spațiul de fază*.

traietorie de stare (cu referire la sistem dinamic), ansamblul punctelor  $\{\varphi(t; t_0, x_0, \omega) \mid t \geq t_0\}$  reprezentate în spațiul  $\mathbb{R}^n$  de coordonate  $x_i, i = \overline{1, n}$ . Mulțimea  $X \subseteq \mathbb{R}^n$ , cu  $x \in X$  se numește *spațiul de stare*.

traietorie optimă → traietorie de stare datorată comenzii optimale (→ optimizare).

transformata Fourier, funcția

$$F(j\omega) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$



unde  $f(t)$  satisface condițiile:

a)  $f(t) = 0, t < 0$

b) este derivabilă pe porțiuni și în orice punct de discontinuitate

$$t_0 > 0, f(t_0) = \frac{1}{2} [(0_+) + f(0_-)]$$

5)  $f(t)$  este absolut integrabilă, adică

$$\int_0^{\infty} |f(t)| dt < \infty$$

T.F. se notează  $F(j\omega) = \mathcal{F}[f(t)]$  sau pe scurt  $F = \mathcal{F}f$ , unde  $\mathcal{F}$  se numește operatorul de t.F. Când se cunoaște  $F(j\omega)$ , revenirea la funcția  $f(t)$  se face cu t.F. inversă

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

cu  $f(t) = \mathcal{F}^{-1}[F(j\omega)]$  unde  $\mathcal{F}^{-1}$  este operatorul de transformare inversă Fourier. După cum se vede nu toate funcțiile  $f(t)$  au t.F., ci numai acelea la care indicele de creștere ( $\rightarrow$  transformata Laplace) este  $S_0 < 0$ , caz în care ea se obține formal din transformata Laplace prin substituția

$$F(j\omega) = F(s)|_{s=j\omega}$$

În cazul unui sistem strict stabil ( $\rightarrow$  stabilitate)

$$H(j\omega) = H(s)|_{s=j\omega}$$

reprezintă  $\rightarrow$  răspunsul în frecvență al sistemului.

transformata Laplace, funcția  $F: \Delta_0 \rightarrow \mathbb{C}$ , unde  $\Delta_0 = \{s \in \mathbb{C} | \operatorname{Re} s > s_0\}$  definită prin

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-st} dt$$



și unde  $f \in O$  (clasa funcțiilor original), iar  $s_0$  este indicele său de creștere (abscisa minimă de convergență). O funcție  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  se numește funcție originală dacă are următoarele proprietăți:

- a)  $f(t) = 0, \forall t \in (-\infty, 0)$
- b) este derivabilă pe porțiuni:
- c) există numerele reale  $M > 0, s_0 \geq 0$  astfel încît

$$|f(t)| \leq M e^{s_0 t}, \forall t \in [0, +\infty)$$

Se notează  $F(s) = \mathcal{L}[f(t)]$

sau mai simplu  $F = \mathcal{L}f$  unde  $\mathcal{L}$  se numește operatorul de t.L. Determinarea originalului, cînd se cunoaște t.L. se face cu formula de inversare Mellin-Fourier

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\omega}^{c+j\omega} F(s) e^{st} ds$$

cu  $c > s_0$  arbitrar și se notează prescurtat  $f(t) = \mathcal{L}^{-1}[F(s)]$  sau mai simplu  $f = \mathcal{L}^{-1}F$ , cu  $\mathcal{L}^{-1}$  operatorul de transformare inversă Laplace. Utilizarea t.L. în studiul sistemelor dinamice liniare este avantajoasă cel puțin din următoarele motive: transformă ecuațiile diferențiale în ecuații algebrice; permite rezolvarea ecuațiilor diferențiale ce reprezintă dependența intrare/ieșire a sistemului și în cazul în care în membrul drept sînt prezente  $\rightarrow$  distribuții Dirac; permite tratarea unitară a sistemelor dinamice liniare pe baza matricii (funcției) de transfer etc. Fie de ex., sistemul dinamic liniar, descris intrare/ieșire de ecuația diferențială

$$\sum_{i=0}^n a_i y^{(i)}(t) = \sum_{j=0}^m b_j u^{(j)}(t), \quad 0 \leq m < n, \quad (1)$$

la care intrarea este  $u(t) = 1(t)$  și condițiile inițiale  $y^{(i)}(0) = y_{i0}, i = \overline{0, n-1}$ . Se vede că determinarea răspunsului revine la soluționarea ecuației diferențiale

$$\sum_{i=0}^n a_i y^{(i)}(t) = \sum_{j=0}^{m-1} b_j \delta^{(j)}(t) + b_0$$

care, datorită prezenței distribuției Dirac din membrul drept nu poate fi soluționată prin metodele clasice. Dacă se aplică t.L. ecuației diferențiale (1) și se ține cont de teorema derivării

$$\mathcal{L}f^{(i)}(t) = s^i \mathcal{L}f(t) - \sum_{k=0}^{i-1} s^k f^{(i-k-1)}(0_+)$$



cu  $\mathcal{L}[y(t)] = y(s)$  și  $\mathcal{L}[u(t)] = u(s)$  se obține

$$y(s) \sum_{i=0}^n a_i s^i - \sum_{i=1}^n a_i \left( \sum_{k=0}^{i-1} s^k y^{(i-k-1)}(0_+) \right) = u(s) \sum_{j=0}^m b_j s^j$$

adică

$$y(s) = \frac{\sum_{j=0}^m b_j s^j}{\sum_{i=0}^n a_i s^i} u(s) + \frac{\sum_{i=1}^n a_i \left( \sum_{k=0}^{i-1} s^k y^{(i-k-1)}(0_+) \right)}{\sum_{i=0}^n a_i s^i} = y_f(s) + y_l(s)$$

Cum  $u(s) = \mathcal{L}[1(t)] = \frac{1}{s}$ , se vede că determinarea răspunsului  $y(t)$  a devenit o problemă foarte simplă.

transformata  $Z$ , funcția  $F: \Delta_0 \rightarrow \mathbb{C}$  unde  $\Delta_0 = \{z \mid |z| > R\}$  definită prin

$$F(z) = \sum_{k \geq 0} f(k) z^{-k} \quad (1)$$

și unde  $f: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$  este o funcție discretă, iar  $R$  este raza de convergență a seriei din membrul drept al relației (1).

$$R = \limsup_{k \rightarrow \infty} \sqrt[k]{|f(k)|}$$

Se notează  $F(z) = \mathcal{Z}[f(k)]$  sau prescurtat  $F = \mathcal{Z}f$  și este utilă în cazul sistemelor dinamice liniare discrete sau discretizate.

transformator, aparat prin intermediul căruia se convertește energia unui sistem fizic sau tehnic în energia altui sistem.

transformator de curent, transformator de măsură în care curentul secundar  $I_2$  este practic proporțional cu curentul primar  $I_1$  și defazat față de acesta cu un unghi apropiat de  $180^\circ$ . T. de c. sint caracterizate prin raportul de transformare nominal  $K_{In} = I_{1n}/I_{2n}$ , ale cărui valori sint standardizate. Valorile curentului secundar  $I_{2n}$  sint de regulă 1 A sau 5 A.

transformator de măsură, transformator electric destinat să permită conectarea aparatelor de măsurat și prin extensie a traductoarelor, releelor sau altor aparate analoge. T. de m. separă galvanic circuitul aparatului conectat în secundar de cel al mărimii de măsurat, aplicată în înfășurarea primară, realizînd totodată și adaptarea de nivel și de impedanță necesară.



transformator de sincronizare, transformator electric monofazat necesar sincronizării tensiunii de referință a dispozitivelor de comandă pe grilă (DCG) cu tensiunea anodică a redresorului pe care se comandă aprinderea. Se utilizează în schemele de reglare a turației motoarelor de curent continuu cu convertizoare cu tiristoare.

transformator de tensiune, transformator de măsură în care tensiunea secundară este proporțională cu tensiunea primară și defazată față de aceasta cu un unghi apropiat de  $180^\circ$ . Ca și la transformatoarele de curent pentru t. de t. se definește  $K_{Un} = U_{1n}/U_{2n}$ . Uzual  $U_{2n} = 100$  V și în unele variante trifazate  $100/\sqrt{3}$  V.

transformator electric, aparat conectat între rețeaua electrică de curent alternativ și un receptor a cărui tensiune nominală de funcționare nu coincide cu tensiunea rețelei. T.e. realizează modificarea tensiunii semnalului de curent alternativ, fără modificarea frecvenței. În funcție de rețeaua de curent alternativ se deosebesc transformatoare monofazate și polifazate (de ex., trifazate). T.e. se mai utilizează în schemele electrice și electronice pentru adaptarea de nivel de tensiune și de impedanță sau pentru a asigura separarea galvanică între diverse circuite.

transformator în impulsuri, transformator ce primește în primar semnale sub formă de impulsuri, permițând, printr-o serie de măsuri constructive transmiterea în secundar a unor impulsuri cu front foarte scurt, separate galvanic față de cele din primar.

transinformație, valoare medie a informației transmise pe un canal, ce se obține asupra câmpului de evenimente de la intrarea X prin recepționarea câmpului de evenimente de la ieșire Y.

$$I(X, Y) = H(X) - H(X/Y) = H(Y) - H(Y/X) \quad (\rightarrow \text{entropie})$$

transmisie paralelă, metodă de comunicare a informației numerice, care constă în emisia și recepția simultană a tuturor biților cuvântului de date. T.p. necesită câte o linie de transmisie și circuitele de interfață asociate pentru fiecare bit al cuvântului transmis. T.p. este utilizată la transmiterea rapidă de date pe distanțe scurte (de ex., în cadrul unui calculator sau între calculator și periferice).

transmisie serială, metodă de comunicare a datelor numerice care constă în transmiterea sincronizată, bit cu bit, a cuvântului de date. T.s. presupune o conversie paralel-serie la emisie și o refacere prin conversie serie-paralel la recepție. T.s. necesită o singură linie de transmisie și un singur circuit de interfață/port, și este mai lentă decât transmisia paralelă. T.s. este utilizată pentru comunicații pe distanțe lungi (de ex., între un terminal și calculator în sisteme distribuite de conducere a proceselor).

tranziția ieșirilor, comutarea setului de ieșiri Y ale unui automat secvențial, ca urmare a unei tranziții de stare. Pentru eliminarea impulsurilor false într-un subset al ieșirilor care ar trebui să rămână nemodificate pe perioada tranziției de stare, se adoptă metoda sincronizării ieșirilor  $Y_t = \eta(U_t, X_t)$  prin elemente de tip bistabil.



tranziție de semnal, comutare a unui semnal logic din 0 în 1 sau din 1 în 0. Pentru circuitele integrate TTL standard și rapide se dau următoarele valori limită ale tensiunilor de intrare și ieșire:  $V_{OL_{max}}$  (nivel maxim 0 la ieșire): 0,4 V;  $V_{OH_{min}}$  (nivel minim 1 la ieșire): 2,4 V;  $V_{IL_{max}}$  (nivel maxim 0 la intrare): 0,8 V;  $V_{IH_{min}}$  (nivel minim 1 la intrare): 2,0 V.

tranziție de stare, comutarea unui automat secvențial dintr-o stare stabilă  $X_i$ , sub influența setului de intrări  $U_i$ , într-o altă stare stabilă  $X_{i+1}$  dată de funcția de tranziție a stărilor,  $\varphi$ . În automatele secvențiale asincrone t. de s. are loc la momente arbitrare de timp. În acest sens o t. de s. dintr-o stare internă stabilă A într-una B se consideră încheiată, și starea B non admisă se consideră stabilă cînd relația

$$x_j(t + \Delta t_M) = X_j(t)$$

(unde  $x_j$ : variabila secundară;  $X_j$ : variabila de execuție;  $\Delta t_M = \max \Delta t_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$ ;  $\Delta t_i$ : întârzierea semnalului de excitație pe linia de întârziere  $i$  a secțiunii de memorie a automatului;  $p$ : dimensiunea vectorului de stare al automatului) este satisfăcută pentru toți  $j = 1, \dots, p$ . În automatele secvențiale sincrone, comutările setului de stări interne au loc la intervale regulate de timp (tacte), t. de s. fiind comandată de circuite de sincronizare de tipul generatoarelor de impulsuri. La automatele secvențiale sincrone, varianta de codificare a stărilor care nu conduce la t.s. incorecte impune ca în orice stare, pentru toate combinațiile posibile de intrări sincrone, să nu depindă mai mult decît o singură variabilă de stare de o intrare asincronă.

tranzitorie, componenta  $y_T(t)$  din răspunsul unui sistem, la mărimea de intrare precizată, în care caz răspunsul se descompune

$$y(t) = y_T(t) + y_S(t) \quad (1)$$

și unde  $y_S(t)$  este componenta stabilizată (permanentă) din răspuns, avînd aceeași formă ca și intrarea. De ex., dacă mărimea de intrare a unui sistem dinamic liniar, descris intrare/ieșire de ecuația diferențială

$$\sum_{i=0}^n a_i y^{(i)}(t) = \sum_{j=0}^{n-1} b_j u^{(j)}(t) \quad (2)$$

cu condiția inițială  $y^{(i)}(0) = y_{i0}$ ,  $i = 0, n-1$  este de tip polinomial

$$u(t) = \sum_{q=0}^r A_q \frac{t^q}{q!}, \quad t \geq 0 \quad (3)$$



atunci aplicând transformata Laplace se deduce că

$$y(s) = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} b_j s^j}{\sum_{i=0}^n a_i s^i} u(s) + \frac{\sum_{i=1}^{n-1} a_i \left( \sum_{k=0}^{i-1} s^k y^{(i-k-1)}(0_+) \right)}{\sum_{i=0}^n a_i s^i} \quad (4)$$

și unde

$$u(s) = \sum_{q=0}^r A_q \frac{1}{s^{q+1}} = \frac{R_u(s)}{s^{q+1}} \quad (5)$$

Din relația (4), dacă se ține cont de (5), rezultă că o descompunere posibilă a răspunsului sistemului este următoarea

$$y(s) = \sum_{q=0}^r B_q \frac{1}{s^{q+1}} + \frac{\sum_{j=0}^{n-1} c_j s^j + \sum_{i=1}^{n-1} a_i \left( \sum_{k=0}^{i-1} s^k y^{(i-k-1)}(0_+) \right)}{\sum_{i=0}^n a_i s^i} =$$

$$= y_S(s) + y_T(s)$$

unde  $B_q: q = \overline{0, r}$  sînt determinați unic (de ex., prin identificarea coeficienților). Cînd răspunsul este strict stabil (și în cazul particular considerat nu are poli în origine) se vede că  $y_T(t)$  cuprinde toată comportarea tranzitorie a sistemului, care se stinge în timp

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y_T(t) = 0$$

trapez unitar, caracteristică reală de frecvență ideală avînd forma prezentată în fig. T.9, ce permite determinarea răspunsului indicial al unui sistem

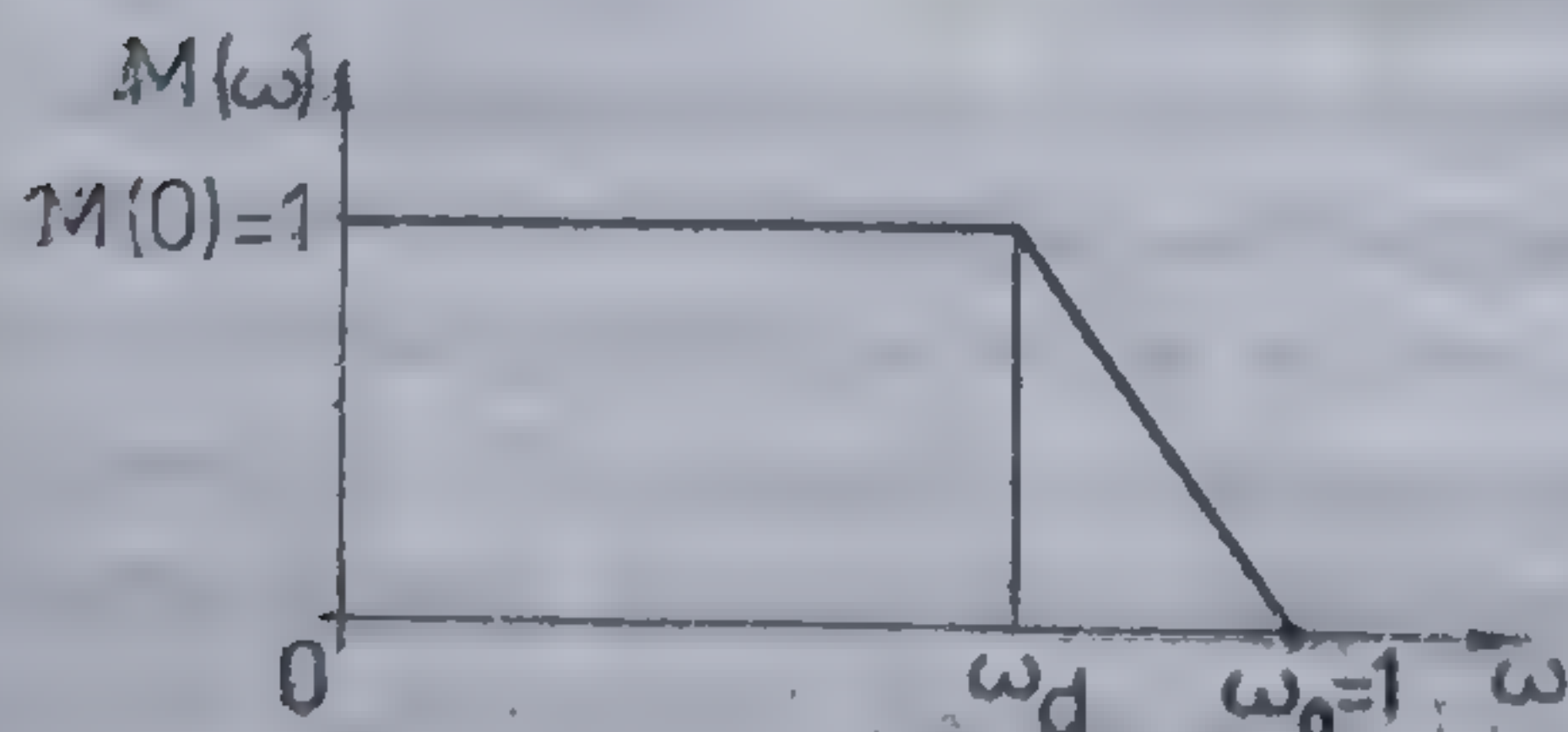


Fig. T.9. Caracteristică de frecvență de tip trapez unitar.

pe baza caracteristicii reale de frecvență. Coeficientul  $\kappa = \frac{\omega_d}{\omega_0} = \omega_T$  se numește *coeficient de pantă*. Răspunsul indicial la oricare trapez dreptunghic de parametri  $M(0)$  și  $\kappa = \frac{\omega_d}{\omega_0}$  se poate deduce pe baza răspunsului indicial al t. u. de același  $\kappa$  (tabelat în lucrări de specialitate).



treaptă unitară, funcție (de intrare) de tip polinom ial definită prin

$$u(t) = 1(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1/2, & t = 0 \\ 1, & t > 0 \end{cases}$$

în cazul cotinuu, respectiv în cazul discret

$$u(k) = 1(k) = \begin{cases} 0, & k < 0 \\ 1, & k \in \mathbb{N} \end{cases}$$

Y.u. este fie funcție de test pentru un sistem, obținându-se la ieșirea acestuia un răspuns numit „indicial” pe care se definesc performanțele clasice (timp tranzitoriu, suprareglaj etc.) fie permite aproximarea polinomială a mărimii de intrare.

trigger Schmitt, circuit de formare a impulsurilor, prin introducerea unei reacții pozitive în circuit, pentru a obține un câștig mai mare și histerezis. T.S. este utilizat pentru formarea fronturilor atunci când la intrările dispozitivelor logice semnalele variază lent, ceea ce poate introduce instabilitate, întârzieri de propagare greu de apreciat și dificultăți de sincronizare.



**UNIDIN**, sistem de reglare unificat, pentru procese rapide, avînd semnalul unificat în tensiune:  $(-10V; 0; +10V)$ , elaborat în R. S. România. Lucrările de cercetare pentru elaborarea sistemului au început la Institutul de Cercetări Electrotehnice, în 1960 și au fost concentrate apoi la Institutul de Cercetări și Proiectări pentru Automatizări. Sistemul **UNIDIN** cuprinde: a) elemente de măsurare: traductoare de curent continuu, de curent alternativ, de tensiune continuă, de poziție, de viteză de rotație; b) elemente de prelucrare a informației: preamplificatoare, regulatoare PID, amplificatoare basculante, dispozitive de comandă pe grilă a tiristoarelor, convertoare tensiune-frecvență și frecvență-tensiune ș. a.; c) elemente de execuție: redresor comandat cu tiristoare, contactor static, invertor cu tiristoare, ș. a.; d) elemente auxiliare: surse de alimentare, filtre RC, aparate de măsurat etc. Aplicațiile uzuale ale sistemului **UNIDIN** constau în acționările reglabile ale motoarelor și generatoarelor electrice de curent continuu sau alternativ.

**UNILOG**, sistem de comutație statică unificat, tranzistorizat, destinat pentru utilizări în frecvență pînă la 5000 Hz, pentru realizarea schemelor logice în aplicații diverse: comenzi, interblocări, semnalizări, aparatură numerică, telemecanică, reglare numerică etc. Sistemul **UNILOG** este conceput ca un sistem unitar, capabil de a prelua informațiile furnizate din proces, de a le prelucra logic și de a elabora deciziile corespunzătoare, și în final de a comanda conform acestor decizii organele de execuție. Din punct de vedere funcțional există următoarele categorii de elemente: a) elemente de intrare, folosite pentru adaptarea semnalelor furnizate din proces; b) elemente pentru prelucrarea informațiilor, ce pot realiza: funcții logice combinaționale, funcții logice cu memorie și cu întârzieri, auxiliare (de tip generator de impulsuri); c) elemente de ieșire, destinate să amplifice în putere semnalele rezultante; d) surse de alimentare. Semnalul standard logic „1” este  $-12 \dots -24$  V, iar semnalul standard logic „0” este  $0 \dots 0,2$  V, iar elementele de bază realizate modular: **NICI**; **TIMP**; **REPETOR PE EMITOR**; **AMPLIFICATOR** (de 1 W și de 3 W); **TAMPON**; **SI PASIV**. Varianta actuală cu tranzistoare pe siliciu se numește **USILOG**.



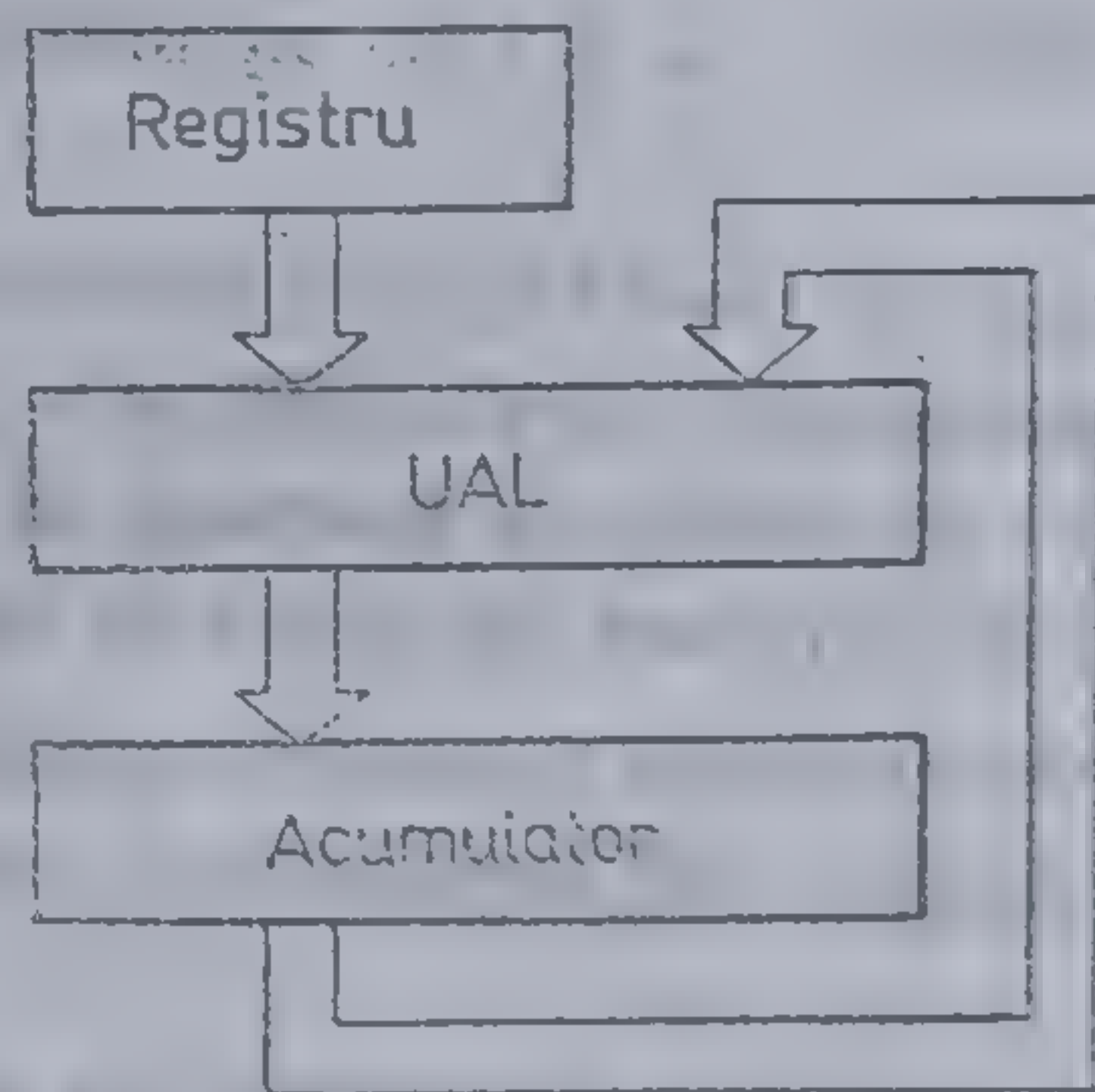
unimodular echivalente, două matrici polinomiale  $P(s)$ ,  $R(s)$ , de aceeași dimensiuni între care există relația

$$P(s) = U(s)R(s)V(s)$$

unde  $U(s)$ ,  $V(s)$  sînt  $\rightarrow$  matrici unimodulare.

unitate aritmetică logică, dispozitiv numeric construit în logică combinatională, capabil să realizeze calcule aritmetice (de ex., adunare, scădere) și logice asupra a doi operanzi. Intern, u. a. l. poate utiliza o logică de generare anticipată a transportului pentru sporirea vitezei de calcul. Calculele aritmetice pot fi realizate în complement față de 1 sau față de doi, în binar natural sau BCD. Datele de intrare pot fi active 0 sau 1. U. a. l. poate fi construit ca un circuit de sine stătător de tip MSI sau LSI sau din componente discrete pentru ungimi mari de operanzi. În sistemele de tip microcalculator, u.a.l. este integrată ca bloc funcțional în microprocesor. Rezultatele operațiilor aritmetice și logice executate de u.a.l. sînt stocate în acumulator, care servește și drept sursă a

Fig. U.1. Structură de calcul cu unitate aritmetică logică.



unuia dintre operanzi pentru u.a.l., cealaltă sursă fiind reprezentată de unul din registrele unui grup de registre (fig. U.1). În funcție de tipul de u.a.l. al unităților centrale de prelucrare ale calculatoarelor, sînt incluse instrucțiuni specifice de gen: adunare, adunare cu transport, scădere, incrementare etc. în setul de instrucțiuni asociat.

unitate CAN, unitate de măsură reprezentînd cel mai mic increment ce poate fi sesizat la ieșirea unui convertor analog-numeric. Astfel, dacă o mărime aplicată la intrarea unui convertor analog-numeric cu ieșire pe 12 biți ia valori între 0 și 10 V, atunci valoarea ei exprimată în u. CAN este cuprinsă între 0 și  $2^{12} - 1 = 4095$ ; deci unei u. CAN îi corespund  $10/4095$  V.



unitate de informație, informație care se obține prin realizarea unui eveniment dintr-un set de evenimente egal probabile. Cum informația proprie asociată unui eveniment  $x_i$  este  $i(x_i) = -\lambda \lg p(x_i)$ , în care  $p(x_i)$  reprezintă probabilitatea de realizare a evenimentului, iar  $\lambda$  o constantă pozitivă, rezultă

pentru u. de i:  $i(x) = -\lambda \lg \frac{1}{2} = 1$ . Luând logaritmul în baza 2, constanta

$\lambda$  devine egală cu unitatea iar u. de i. poartă numele de *bit*. În unele cazuri se lucrează cu logaritmi în baza (u. de i. ia numele de *nit*) sau cu logaritmi în baza 10 (u. de i. ia numele de *dil*). Se observă că  $1 \text{ nit} = \lg_2 e = 1,44 \text{ bit}$ ,  $1 \text{ dil} = \lg_2 10 = 3,32 \text{ bit}$ .



unitate de informație, informație care se obține prin realizarea unui eveniment dintr-un set de evenimente egal probabile. Cum informația proprie asociată unui eveniment  $x_i$  este  $i(x_i) = -\lambda \lg p(x_i)$ , în care  $p(x_i)$  reprezintă probabilitatea de realizare a evenimentului, iar  $\lambda$  o constantă pozitivă, rezultă

pentru u. de i:  $i(x) = -\lambda \lg \frac{1}{2} = 1$ . Luând logaritmul în baza 2, constanta

$\lambda$  devine egală cu unitatea iar u. de i. poartă numele de *bit*. În unele cazuri se lucrează cu logaritmi în baza (u. de i. ia numele de *nit*) sau cu logaritmi în baza 10 (u. de i. ia numele de *dil*). Se observă că  $1 \text{ nit} = \lg_2 e = 1,44 \text{ bit}$ ,  $1 \text{ dil} = \lg_2 10 = 3,32 \text{ bit}$ .



## V

**variabilă**, mărime dependentă de timp. Se utilizează în teoria sistemelor sub denumirile de: v. de stare  $x(t)$ , v. de intrare  $u(t)$ , v. de ieșire  $y(t)$  etc.

**valoare admisibilă**, valoare maximă a unei mărimi fizice permisă în cadrul unui sistem fără ca acesta să fie solicitat mai mult decât prevăd prescripțiile privind asigurarea integrității constructive și menținerea caracteristicilor funcționale.

**valoare instantanee**, valoare pe care o ia, la un moment dat, o mărime variabilă în timp (valoare momentană).

**valoare medie**, *media aritmetică* a tuturor valorilor pe care le ia o mărime variabilă.

**valoare măsurată**, reprezentare sub formă numerică asociată unei mărimi fizice ca urmare a unui proces de măsurare. V.m. este dependentă de *unitatea de măsură* și de  $\rightarrow$  **precizia** pe care o poate asigura procesul de măsurare. În sistemele automate v. m. este cuprinsă în semnalul de ieșire al traductorului.

**valoare reală**, valoarea unei mărimi fizice atribuită axiomatice sau obținută printr-un proces de măsurare ideal (în care erorile de măsurare sunt complet eliminate).

**valoare prescrisă**, valoarea la care trebuie să fie menținută mărimea de ieșire (parametrul de calitate) într-un sistem de reglare automată. V. p. este materializată sub forma unei mărimi de intrare în sistemul de reglare automată care, ținând cont de factorul de conversie introdus de traductor, reprezintă valoarea mărimii de calitate a procesului (sau apropiată de acesta în cazul în care eroarea staționară nu este nulă).

**ventil**, dispozitiv component al unui organ de reglare care comandă deschiderea și închiderea unor căi de circulație a fluidului, sau stabilește sensul de circulație a fluidului. De asemenea, v. reglează presiunea sau debitul de fluid, strangulind (obturând) secțiunea de trecere a fluidului în funcție de deplasarea axului său (determinată de un servomotor) în raport cu scaunul v. După modul de funcționare, v. se clasifică în următoarele grupe de bază: v. de distribuție (vane), v. de închidere, v. de presiune și v. de strangulare.

**ventil de distribuție (de cale)**, ventil care influențează circulația fluidului, prin închidere, deschidere sau stabilirea sensului de circulație. După numărul



de căi comandate, există v. de d. cu două, trei, patru sau mai multe căi. Din punct de vedere constructiv, există două categorii importante de v. de d. cu scaun și cu sertar de distribuție. La cele cu scaun, căile de trecere a fluidului sînt închise sau deschise cu plăci, talere, bile sau conuri. Ventilele cu sertar de distribuție se construiesc în variantele : cu sertar de distribuție longitudinal, sau cu sertar de distribuție plan.

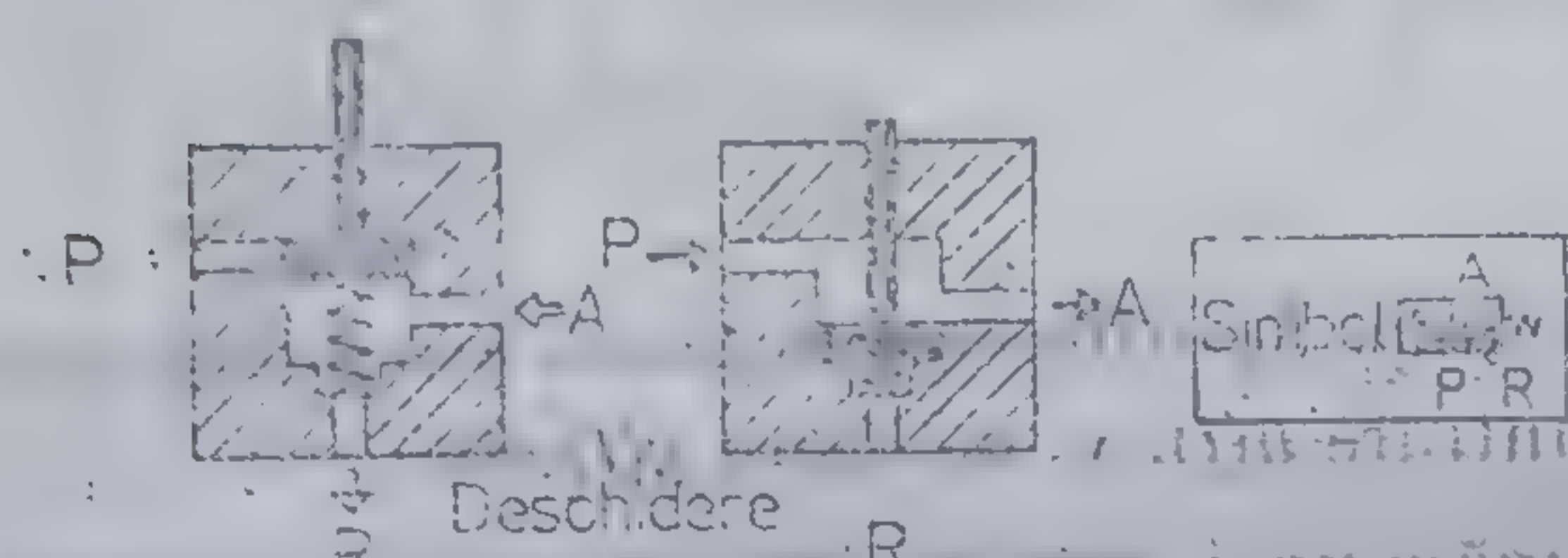


Fig. V.1. Ventil cu 3 căi, de des-

ventil cu comandă dublă, ventil de închidere cu două intrări și o ieșire. Închiderea se produce întotdeauna în sensul intrării la care nu există semnal, trecerea fluidului fiind astfel permisă de la intrarea prin care are loc admisia,

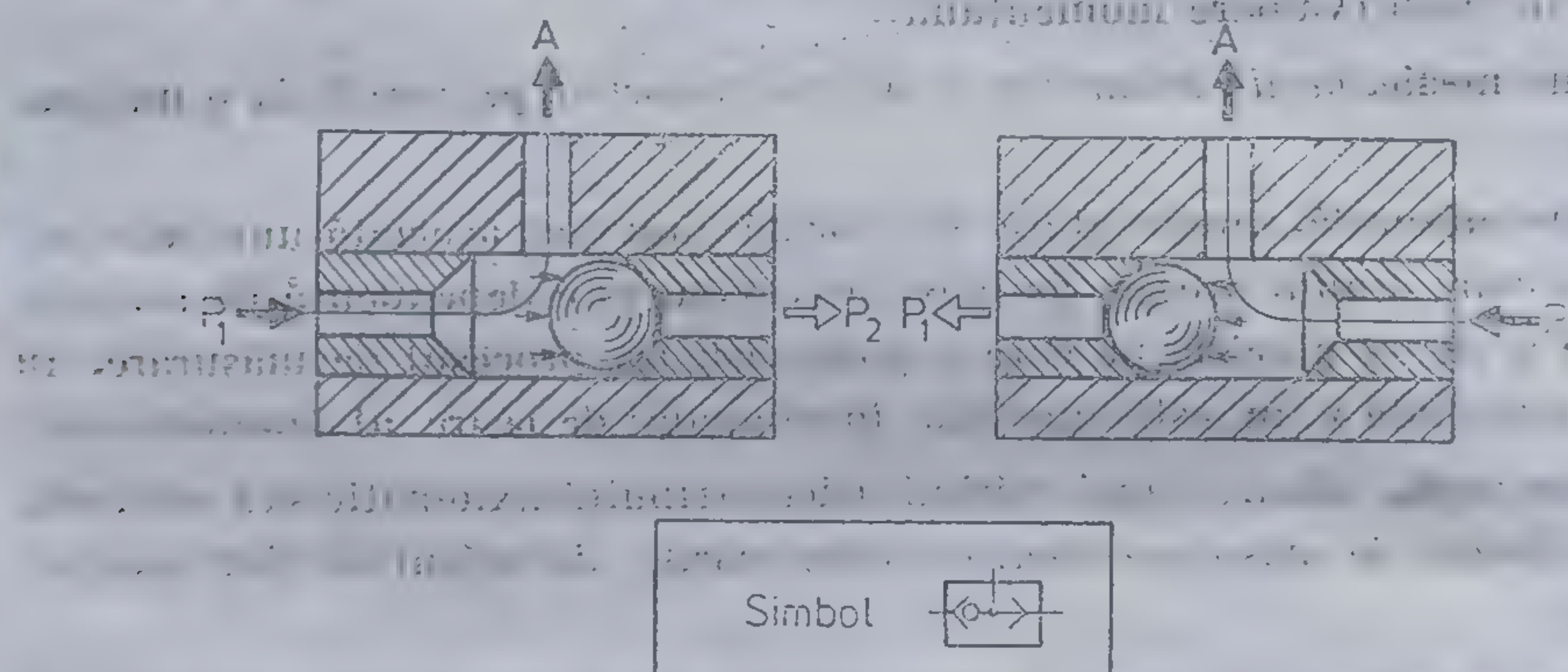


Fig. V.2. Ventil cu comandă dublă.

la ieșirea unică (fig. V.2). V. cu c. d. se utilizează de ex., pentru comanda cilindrilor din două puncte diferite.

ventil de închidere, ventil care blochează trecerea fluidului într-un sens permițînd trecerea în sens opus. Principalele tipuri de v. de i. sînt: ventile de reținere, ventile cu comandă dublă, ventile de strangulare și reținere, ventile (supape) de aer rapide și distribuțoarele cu două presiuni.

ventil de reținere, cel mai simplu ventil de închidere, ce funcționează cu pierderi cît mai mici de presiune. În momentul în care (în sensul de trecere) presiunea de intrare a aerului depășește forța resortului, organul de blocare (sferă, con, placă sau membrană) deschide calea de trecere a fluidului (fig. V.3).

ventil de strangulare și reținere, ventil care asigură strangularea pentru sensul de comandă al elementelor fluidice și închiderea pentru sensul de reve-



nire. La aceste Ventile droselul este reglabil în majoritatea cazurilor, oferind astfel posibilitatea reglării debitului de fluid. Acțiunea droselului apare doar

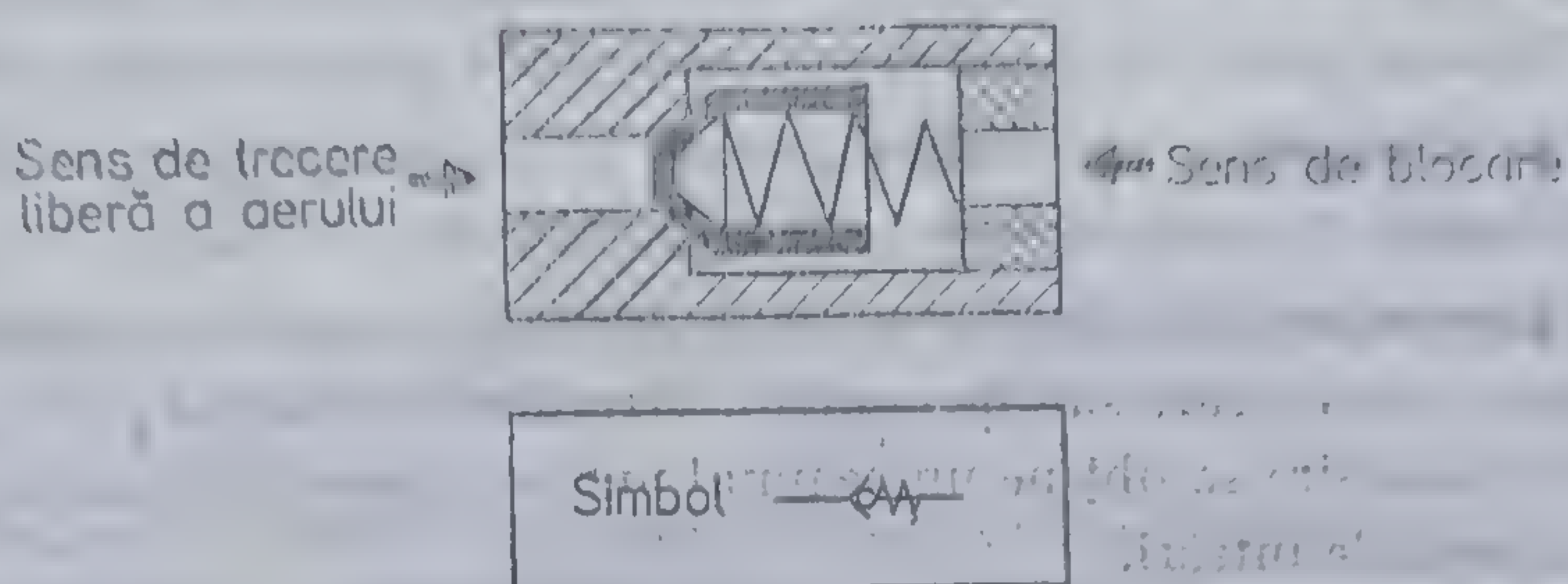


Fig. V.3. Ventil de reținere.

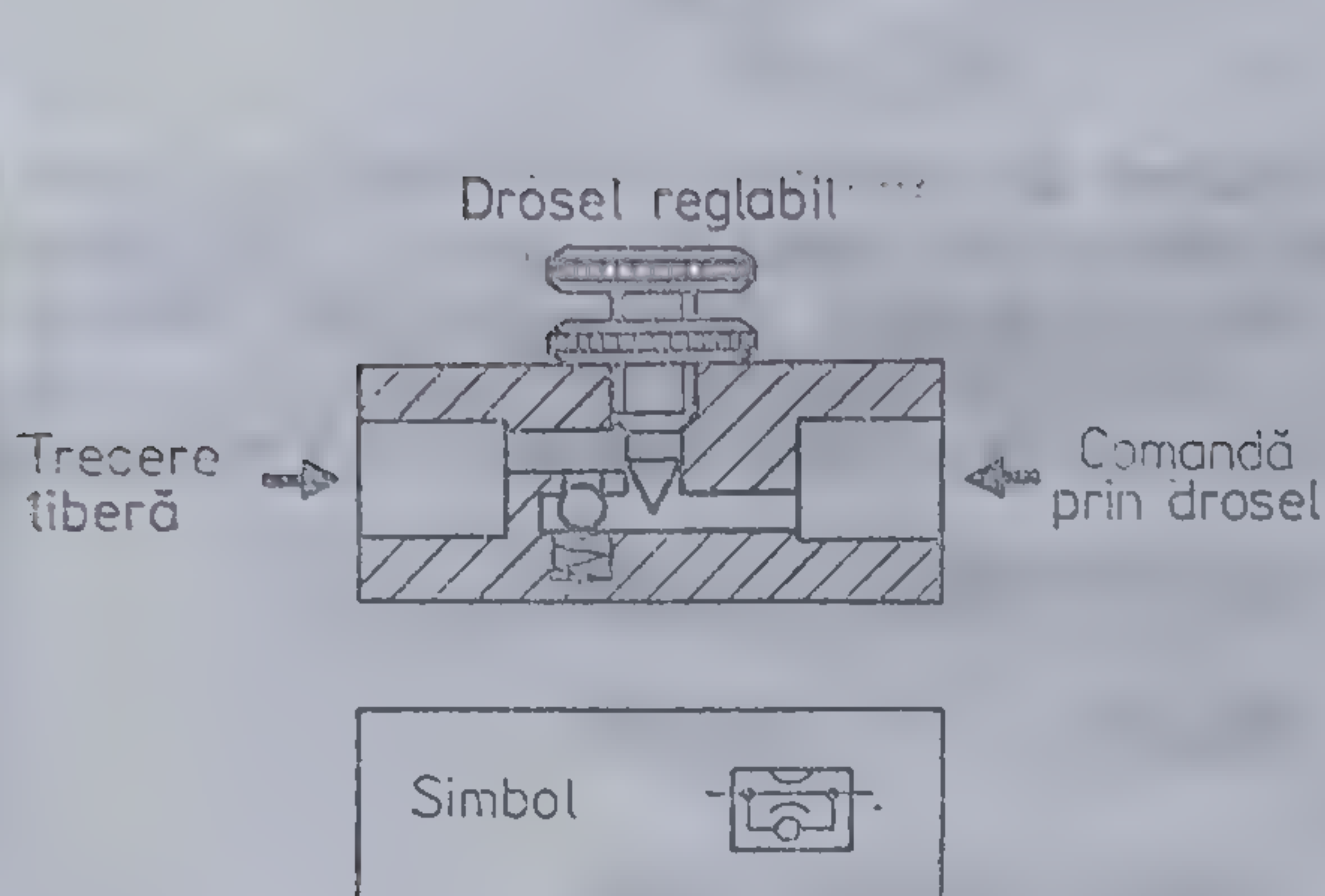


Fig. V.4. Ventil de strângulare și reținere.

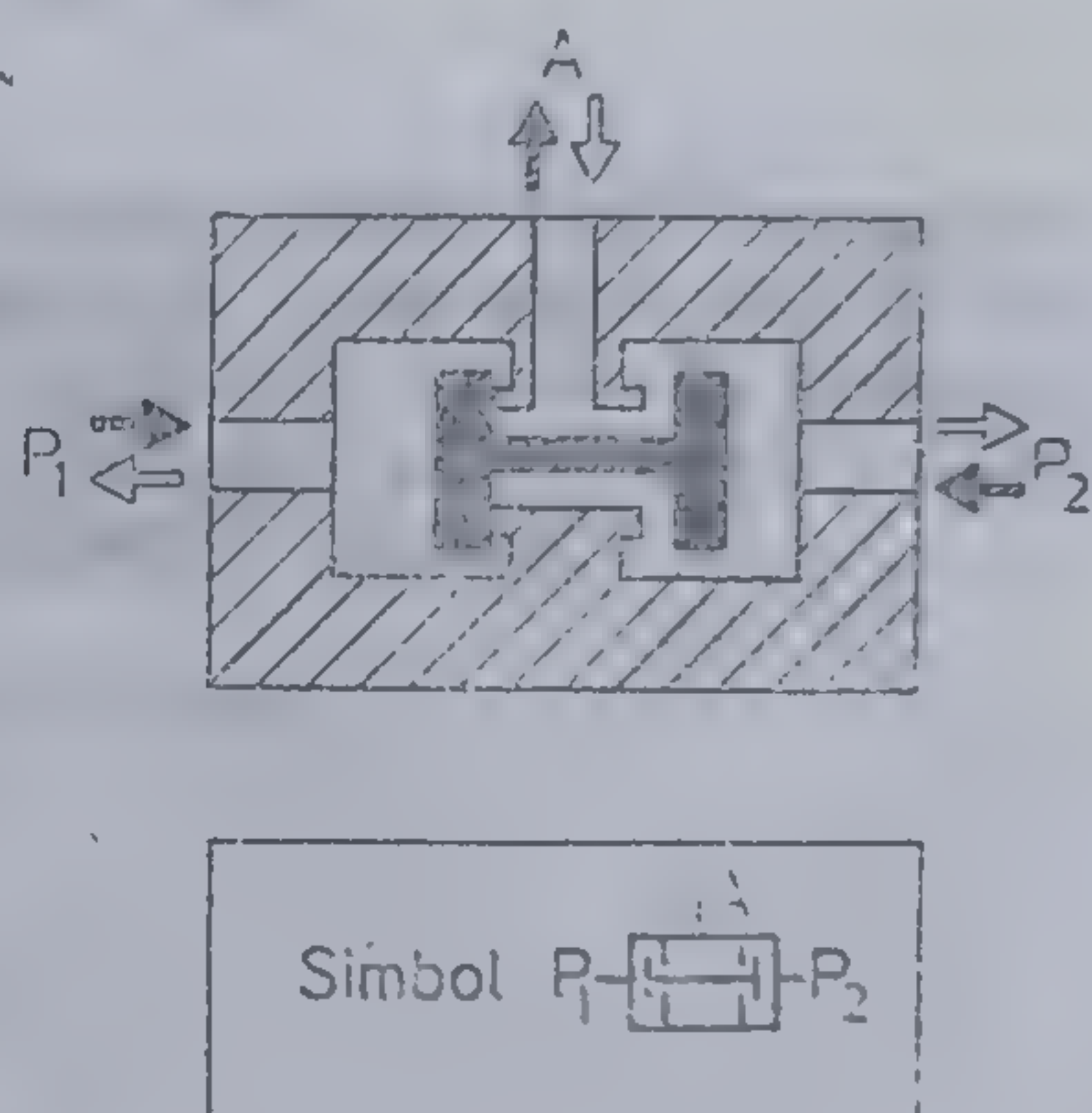


Fig. V.5. Ventil diferențial.

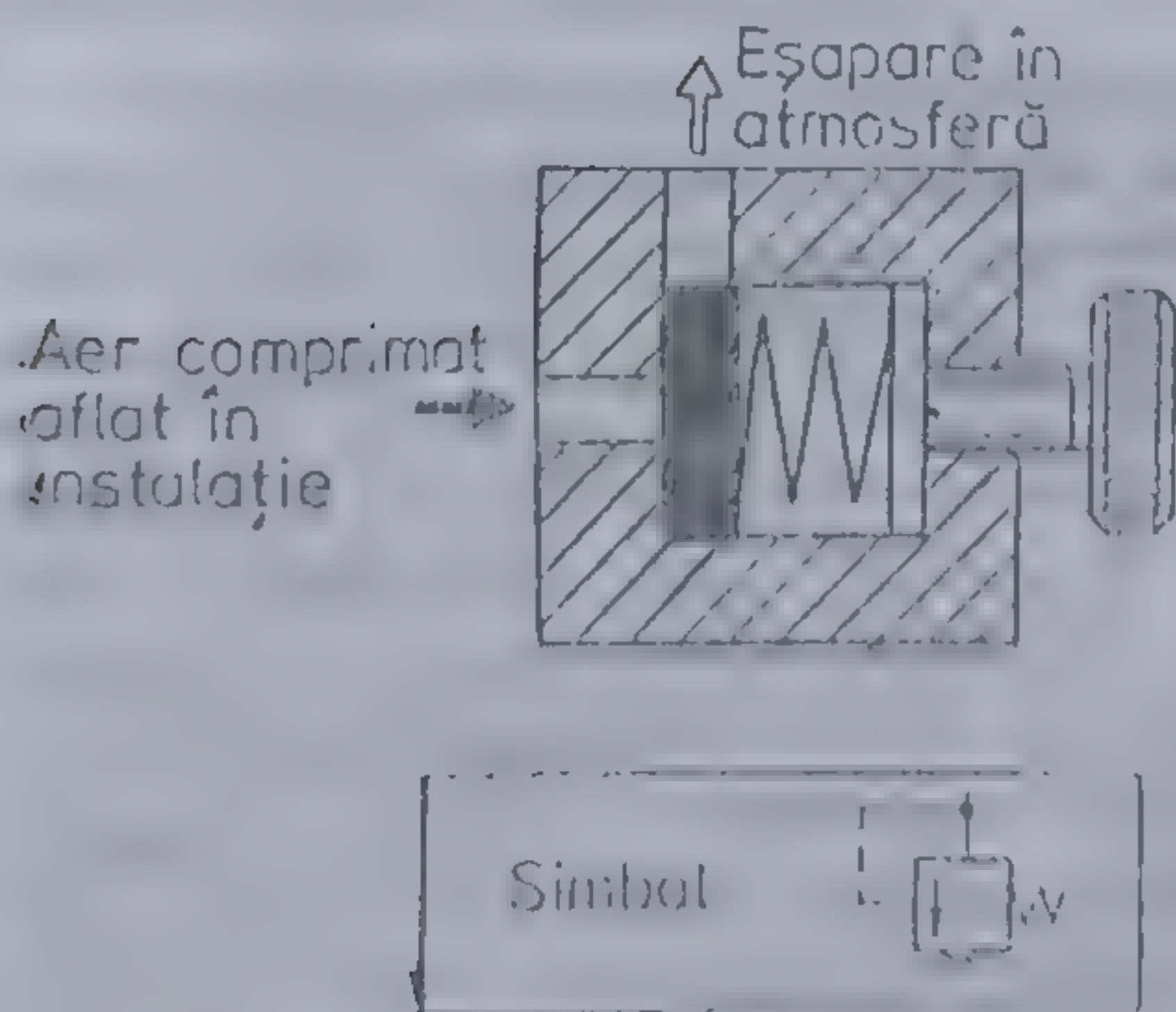


Fig. V.6. Ventil de presiune.

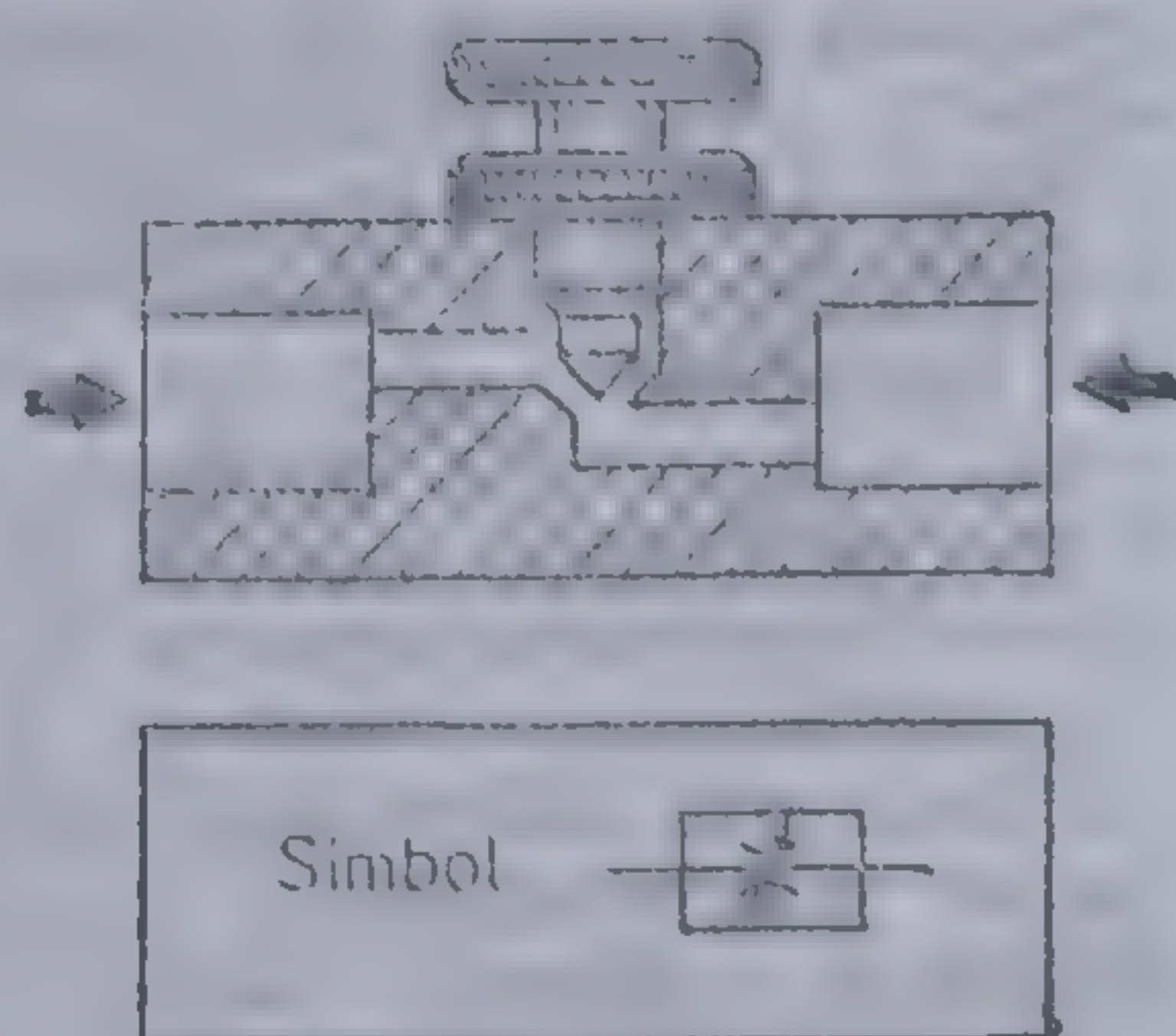


Fig. V.7. Ventil de strângulare reglabil.



intr-un sens de circulație a fluidului ; în celălalt sens trecerea este liberă prin supapa de reținere (fig. V.4).

ventil de presiune, ventil limitator (de siguranță), care împiedică creșterea presiunii fluidului peste limita maximă admisibilă în sistem (fig. V.6).

ventil de strangulare (de reglare), ventil ce acționează asupra debitului de trecere a fluidului, în ambele sensuri de circulație (fig. V. 7).

ventil diferențial (distribuitor cu două presiuni), ventil de închidere utilizat pentru comenzi de blocare sau de control. Are două intrări,  $P_1$  și  $P_2$  și o ieșire A (fig. V.5). La ieșire se obține un semnal numai atunci când există semnal de comandă la ambele intrări.

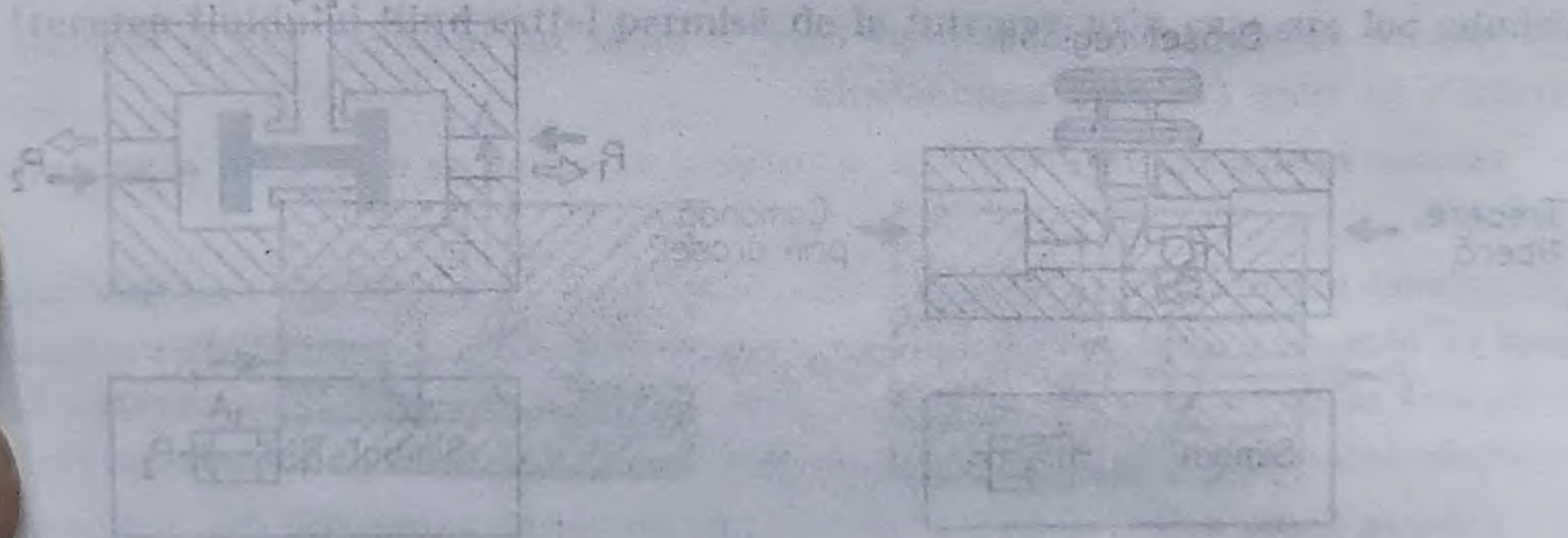


Fig. V.4. Ventil de strangulare în ambele sensuri de circulație.

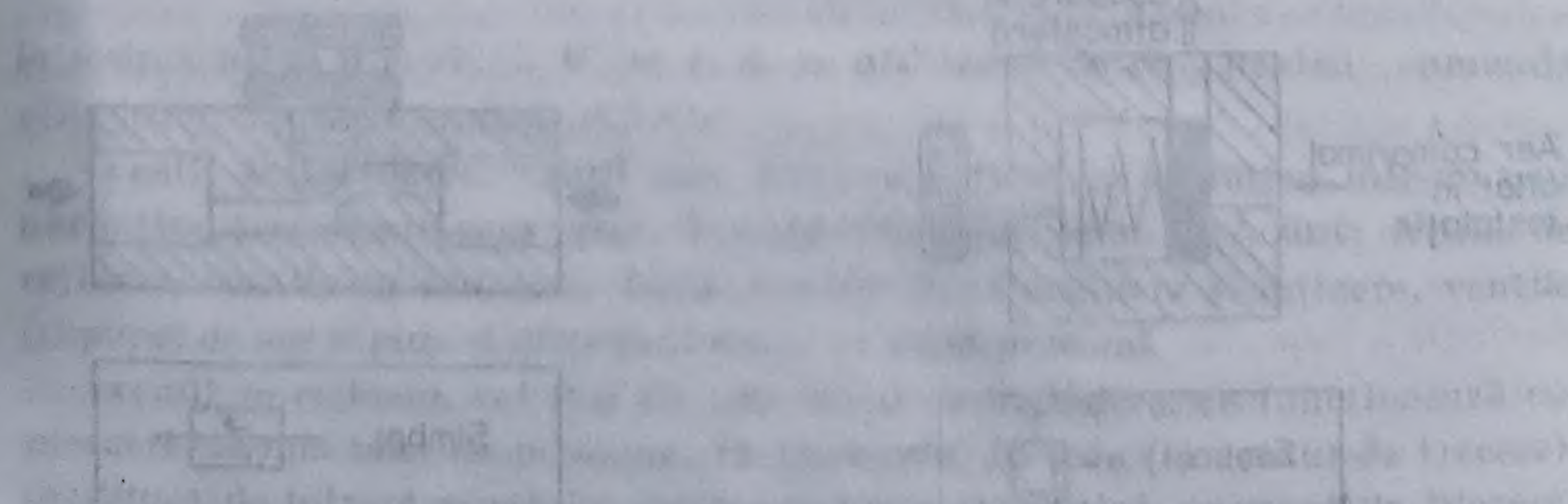


Fig. V.5. Ventil diferențial (distribuitor cu două presiuni).



**zecimal**, corespunzător sistemului de numerație în baza 10.

**zero**, rădăcină a numărătorului unei  $\rightarrow$  **funcții de transfer**.

**zero de transmisie**, numerele  $\lambda_i \in \sigma(A_2)$  pentru care

$$\text{rang} \begin{bmatrix} A_1 - \lambda_i I_1 & B_1 \\ D_1 & 0 \end{bmatrix} < n_1 + q$$

Pentru ca o soluție a  $\rightarrow$  **problemei de reglare intern stabilă** să fie structură stabilă în  $A_3$  trebuie să nu existe **z.de t.**, sau altfel spus  $\rightarrow$  **zerourile părții fixate** transmise prin eroare să nu coincidă cu polii modelului intern. În definirea **z.de t.** s-a făcut apel la descrierea dezvoltată a sistemului parte fixată și a  $\rightarrow$  **generatorului de semnale externe**, adică s-a considerat la sistemul

$$\dot{x}_1(t) = A_1 x_1(t) + A_3 x_2(t) + B_1 u(t)$$

$$\dot{x}_2(t) = A_2 x_2(t)$$

$$y(t) = C_1 x_1(t) + C_2 x_2(t)$$

$$z(t) = D_1 x_1(t) + D_2 x_2(t)$$

unde  $x_1 \in \mathbb{R}^{n_1}$  este starea sistemului parte fixată, iar  $x_2 \in \mathbb{R}^{n_2}$  starea generatorului de semnale externe.

**zgomot**, denumire utilizată în domeniile sistemelor electronice de măsurare, conversie și transmisie a datelor, în tele- și radiocomunicații pentru a defini mărimi perturbatoare care suprapunându-se peste semnalul util pot să modifice sau să îngreueze evidențierea conținutului informațional al acestuia. Măsura influenței pe care **z.** o exercită asupra semnalului util este reprezentată de raportul *semnal util / zgomot* care este de dorit să fie cât mai ridicat. **Z.** în sistemele menționate sînt de natura unor tensiuni sau curenți electrici, de regulă cu variații aleatoare sau periodice. **Z.** pot fi generate de surse aflate în interiorul sistemului considerat sau în exteriorul acestuia. **Z.** aleatoare sau periodice pot să apară datorită cuplajelor electrostatice sau electromagnetice între circuite. Ele pot avea și componente continue determinate de parcurgerea unor trasee de legare la masă comune la două sau mai multe circuite. În vederea eliminării sau reducerii efectelor perturbatoare ale **z.** se prevăd măsuri de ecranare electrostatică și electromagnetică, separarea circuitelor care pot produce interferențe, poziționări adecvate ale traseelor de conexiuni etc. În anumite cazuri **z.**, fiind de frecvențe înalte, superioare semnalului util, ele pot fi rejectate prin filtrare.



zato je transmissijsko, umnoglo je efikasno i bezopasno.

generatoului de schimb extern, adică s-a considerat la sistemul x.de.1. s-a făcut apel la descrierea dezvoltată a sistemului parte fixată și a — transmise prin eroare să nu coincidă cu pozi modelului intern. În definiția stabilită în A, trebuie să nu existe x.de.1, sau altfel spus — variabilele partii fixate Pentru ca o soluție a — problemelor de reglare intern stabilită să fie asigurată

$$(1)_{\text{H}_2\text{O}} + (1)_{\text{H}_2\text{O}} + (1)_{\text{H}_2\text{O}} = (1)_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$(3)_{\text{I, A}} = (3)_{\text{I}}$$

$$(3)_3x_3\mathcal{O} + (4)_4x_4\mathcal{O} = (1)\mathcal{O}$$

$$(1)_2 x_2 A + (1)_1 x_1 A = (1)_3$$



„Automatica de la A la Z” a fost elaborată cu scopul de a pune la dispoziția unor variate categorii de cititori terminologia actuală, cu circulația cea mai largă, care încadrează atât bazele conceptual-teoretice, cât și cele metodologico-aplicative ale automaticii ca ramură a științelor tehnice. Actualitatea automaticii ca știință este generată de faptul de necontestat că însăși revoluția tehnico-științifică contemporană este dominată de automatizarea, robotizarea și cibernetizarea producției precum și a multor alte domenii ale activității umane.